5
T 26

ISTORIA GENERALĂ A ŞTIINŢEI

PUBLICATĂ SUB CONDUCEREA LUI
RENÉ TATON
DIRECTOR ŞTIINŢIFIC LA CENTRUL NAŢIONAL DE CERCETĂRI ŞTIINŢIFICE

VOLUMUL **II**

ŞTIINŢA MODERNĂ

De la 1450 la 1800

E. BAUER, Y. BELAVAL, G. CANGUILHEM,
C. CHAGAS, J. CHESNEAUX, I.B. COHEN,
P. COSTABEL, FR. DAGOGNET, M. DAUMAS,
A. DAVY DE VIRVILLE, P. DELAUNAY, R. DUGAS,
L. DULIEU, J. FILLIOZAT, R. FURON,
M.D. GRMEK, É. GUYÉNOT, L. HALPERIN DONGHI,
G. HAMAMDJIAN, J. ITARD, A. KOYRÉ,
R. LAMONTAGNE, R. LENOBLE, J.F. LEROY,
J. LÉVY, CH. MORAZÉ, J. NEEDHAM, J. ROGER,
E. ROSEN, J. ROSTAND, J. TATON, R. TATON,
A. TÉTRY, J. THÉODORIDÉS, M. A. TONNELAT,
G. WALUSINSKI

J. 52899 X
LICEUL „GHEORGHE LAZĂR" BUCUREŞTI
BIBLIOTECA

EDITURA ŞTIINŢIFICĂ
BUCUREŞTI, 1971

TRADUCERE DUPĂ EDIȚIA A DOUA (REVIZUITĂ
ȘI ADUSĂ LA ZI, 1969), DE

D. RĂUTU • A. BOLINTINEANU • D. NEAGU • A. BUTUCELEA

NOTELE LA VERSIUNEA ÎN LIMBA ROMÂNĂ
AU FOST ÎNTOCMITE DE:

prof. univ. MARCUS S. (M.S.) • **prof. univ. C. MOTAȘ** (C.M.)
CORVIN VICTOR PAPIU (C.V.P.) • **conf. univ. V. SĂHLEANU** (V.S.)
dr. N. VĂTĂMANU (N.V.)

HISTOIRE GÉNÉRALE DES SCIENCES

Publiée sous la direction de
RENÉ TATON
Directeur scientifique au Centre national
de la Recherche scientifique

Tome II
LA SCIENCE MODERNE
(De 1450 à 1800)

© 1958, 1969, PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE

COPERTA ȘI SUPRACOPERTA DE:
VAL MUNTEANU

PREZENTAREA GRAFICĂ DE:
GHEORGHE POPOVICI

AU COLABORAT LA ACEASTĂ LUCRARE

+EDMOND BAUER, profesor onorific la Facultatea de ştiinţe din Paris (Magnetismul şi electricitatea în secolul al XVIII-lea).
YVON BELAVAL, profesor la Facultatea de litere din Paris (Revoluţia ştiinţifică în secolul al XVII-lea [revizuirea studiului lui R. LENOBLE]).
GEORGES CANGUILHEM, profesor la Facultatea de litere din Paris (Fiziologia animală în secolul al XVIII-lea).
CARLOS CHAGAS, reprezentantul Braziliei la UNESCO (Ştiinţa în America colonială: Brazilia).
JEAN CHESNEAUX, director de studii la Şcoala de Înalte Studii (Ştiinţele în Extremul Orient în secolele XVI şi XVIII împreună cu J. NEEDHAM).
I. BERNARD COHEN, profesor la Universitatea Harvard, Cambridge S.U.A. (Ştiinţele în America colonială britanică).
PIERR COSTABEL, director de studii la Şcoala de înalte Studii (Fizica Renaşterii [revizuirea studiului lui A. KOYRÉ]). (Mecanica în secolele XVII şi XVIII [împreună cu R. DUGAS]).
FRANÇOIS DAGOGNET, profesor la Facultatea de litere din Lyon (Fiziologia animală în secolul la XVIII-lea).
MAURICE DAUMAS, conservator la Muzeul conservatorului naţional de arte şi meserii (Chimia: Renaşterea, secolele XVII-XVIII).
+ADRIEN DAVY DE VIRVILLE, director de studii la Facultatea de ştiinţe din Paris (Botanica: Renaşterea, secolele XVII-XVIII [împreună cu J.F. LEROY]).
+PAUL DELAUNAY, fost preşedinte al Societăţii franceze pentru istoria medicinii (Renaşterea [împreună cu J. ROGER]; Arta de a vindeca [împreună cu M.D. GRMEK]; Zoologia [împreună cu THÉODORIDÈS]).
+RENÉ DUGAS, examinator la Şcoala politehnică (Mecanica: secolele XVII şi XVIII [împreună cu P. COSTABEL]).
DR. LOUIS DULIEU, doctor în litere de la Universitatea din Montpellier (Medicina: secolele XVII şi XVIII).
JEAN FILLIOZAT, profesor la Collège de France (Ştiinţa în India în secolele XV—XVIII).
RAYMOND FURON, profesor la Facultatea de ştiinţe din Paris (Ştiinţele Pământului secolele XVII şi XVIII).
MIRKO D. GRMEK, profesor la Universitatea din Zagreb (Renaşterea: Studiul corpului omenesc; Arta de a vindeca [împreună cu P. DELAUNAY]).
+ÉMILE GUYÉNOT, membru al Institutului (Zoologia în secolul al XVII-lea [împreună cu J. THÉODORIDÈS]).
LETICIA HALPERIN DONGHI, ataşat la Centrul argentinian pentru cercetări ştiinţifice (Ştiinţa în America spaniolă [împreună cu d-na J. TATON]).
GÉRARD HAMAMDJIAN, ataşat-cercetător la Centrul naţional de cercetări ştiinţifice (Magnetismul şi electricitatea în secolul al XVII-lea [împreună cu R. LENOBLE]).
JEAN ITARD, profesor onorific de matematică superioară (Matematica în secolul al XVII-lea).
+ALEXANDRE KOYRÉ, director de studii la Şcoala de Înalte Studii (Ştiinţele exacte în epoca Renaşterii).
ROLAND LAMONTAGNE, profesor la Universitatea din Montreal (Ştiinţele în Canada franceză).
+ROBERT LENOBLE, doctor în litere (Revoluţia ştiinţifică din secolul al XVII-lea [împreună cu Y. BELAVAL]; Magnetismul şi electricitatea în secolul al XVII-lea [împreună cu G. HAMAMDJIAN]).
JEAN FRANÇOIS LEROY, profesor la Muzeul naţional de istorie naturală (Botanica: Renaşterea, secolele XVII-XVIII [împreună cu A.DAVY DE VIRVILLE]).
JACQUES LÉVY, astronom la Observatorul din Paris (Astronomia în secolul al XVIII-lea).
CHARLES MORAZÉ, director de studii la Şcoala de Înalte Studii (Secolul al XVIII-lea; prezentarea generală).
JOSEPH NEEDHAM, F.R.S., profesor la Colegiul Caius-Gonville, Cambridge, Marea Britanie (Ştiinţele în Extremul Orient în secolele XVI-XVIII [împreună cu J. CHESNEAUX]).
JACQUES ROGER, decanul Facultăţii de litere din Tours (Ştiinţa Renaşterii: prezentarea generală; Ştiinţele Pământului [împreună cu P. DELAUNAY]).
EDWARD ROSEN, profesor la City University din New York (Revoluţia copernicană [revizuirea studiului lui A. KOYRÉ]).
JEAN ROSTAND, de la Academia Franceză (Marile probleme ale biologiei în secolul al XVIII-lea).
JULIETTE TATON, profesor agregat la universitate (Ştiinţele în America Latină colonială [împreună cu C. CHAGAS şi L. HALPERIN DONGHI]).
RENÉ TATON, director ştiinţific al Centrului naţional de cercetări ştiinţifice (Organizarea şi direcţia generală, ilustraţii, indici, tabele; Matematica Renaşterii [revizuirea studiului lui A. KOYRÉ]; Matematica secolului al XVIII-lea. Căldura în secolele — XVIII).
ANDRÉ TÉTRY, vice-director de studii la Şcoala de Înalte Studii (Zoologia în secolul al XVIII-lea).
JEAN THÉODORIDÈS, şef, de studii la Centrul naţional de cercetări ştiinţifice (Zoologia: Renaşterea [împreună cu P. DELAUNAY], secolul al XVII-lea [împreună cu E. GUYÉNOT]).
M.A. TONNELAT, profesor la Facultatea de ştiinţe din Paris (Optica: secolele XVII — XVIII).
GILBERT WALUSINSKI, profesor la Liceul din Saint-Cloud (Astronomia în secolul al XVII-lea)

Prefață

În timp ce primul volum al acestei culegeri urmărește evoluția științelor în diversele civilizații de la origine pînă la sfîrșitul evului mediu, acest al doilea volum tratează o perioadă mult mai scurtă, care se întinde aproximativ de la mijlocul secolului al XV-lea pînă la sfîrșitul secolului al XVIII-lea.

Această disproporție aparentă poate fi ușor justificată. Volumul de față studiază o perioadă din istoria științei care, prin semnificația sa profundă și prin bogăția conținutului său, corespunde celei mai hotărîtoare etape din întreaga istorie a gîndirii științifice. Știința noastră contemporană, care a devenit practic universală, este moștenitoarea și continuatoarea directă a mărețului avînt pe care l-a cunoscut gîndirea științifică în Europa începînd cu epoca Renașterii. Este cert că oamenii de știință din secolul al XVI-lea și chiar cei din secolul al XVII-lea s-au aflat sub influența gîndirii elene și a gîndirii scolastice medievale; o parte importantă a efortului lor a constat în redescoperirea și în studierea mai atentă a textelor antichității și ale evului mediu. Dar noile condiții care au urmat inventării tiparului, uriașul interes stîrnit de marile călătorii și descoperiri, relaxarea treptată a legăturilor științei cu filozofia și teologia au generat un spirit nou, care se află la originea științei moderne.

Dacă au existat și mai înainte epoci de mare strălucire a științei, ca cea de la începutul perioadei alexandrine, asemenea explozii au rămas totdeauna foarte limitate în timp și nu s-au extins niciodată asupra ansamblului disciplinelor științifice. În epoca Renașterii, efortul îndrăzneț și original al oamenilor de știință europeni, o dată cu reînnoirea spiritului însuși al diferitelor ramuri ale științei, a antrenat progresul științific într-o mișcare ireversibilă, care în secolele următoare se va întinde tot mai mult, se va dezvolta și se va accelera.

Originalitatea profundă și importanța istorică a acestei mișcări justifică — în aceeași măsură ca și numărul imens al descoperirilor realizate — locul pe care l-am acordat studiului dezvoltării științei europene în decursul acestei perioade de aproape trei secole și jumătate, de la declinul civilizației medievale pînă la sfîrșitul „secolului luminilor".

Izolarea acestei „științe moderne" de „știința contemporană" din secolele XIX și XX, care va face obiectul celui de-al III-lea volum al lucrării noastre ar putea părea artificială. Totuși această separare, care ne-a fost impusă din motive de ordin tehnic, corespunde, pe planul ideilor și al faptelor, unei demarcări destul de nete. După perioada de defrișare întrucîtva dezordonată a Renașterii, secolul al XVII-lea fixează principiile științei moderne și realizează progrese uriașe în disciplinele teoretice. Secolul al XVIII-lea extinde această reînnoire asupra diverselor ramuri ale fizicii și asupra biologiei și, animat de o încredere fermă în valoarea științei, exploatează sistematic cuceririle secolului precedent. Înregistrînd în unele domenii o oarecare încetinire, iar în altele deschiderea unor noi direcții ale cercetărilor, sfîrșitul secolului al XVIII-lea aduce o profundă schimbare în ceea ce privește semnificația și rolul social al științei. Generalizarea noilor metode de învățămînt și de cercetare, înmulțirea laboratoarelor, apariția unui număr din ce în ce mai mare de reviste științifice, din ce în ce mai specializate, aplicațiile tot mai largi ale descoperirilor în toate domeniile sînt factorii esențiali ai acestei cotituri hotărîtoare. În contrast cu concepția estetico-logică asupra rolului științei, admisă în general pînă atunci, secolele XIX și XX, deși vor continua să acorde un interes deosebit de viu cercetării fundamentale, vor vedea cum, prin intermediul tehnicii, progresul științific devine unul dintre factorii principali ai evoluției omenirii.

Marea extindere a domeniului explorat, caracterul tehnic mai pronunțat al rezultatelor care urmau să fie prezentate sau interpretate au impus în acest volum intervenția unui număr mare de autori specializați. Relativa fragmentare care rezultă de aici prezintă un anumit caracter artificial, datorită faptului că mai mulți dintre oamenii de știință din această perioadă și-au manifestat interesul pentru domenii variate, care prezintă, de aceea, legături destul de strînse. Astfel, de pildă, studiul operei și influenței unor gînditori și savanți ca Nicolaus Cusanus, Leonardo da Vinci sau Paracelsus, Galilei, Descartes, Newton sau Leibniz este dispersat în diverse capitole, în loc să fie concentrat într-o sinteză de ansamblu. Credem totuși că acest neajuns este în bună parte remediat de capitolele introductive și de numeroasele note de referință care permit unificarea diverselor aspecte ale unei aceleiași doctrine sau ale unei aceleiași probleme. Fără a nesocoti obiecțiile care pot fi aduse subîmpărțirilor adoptate — subîmpărțiri inspirate, pe de o parte, de dorința de a mînui fragmentările cronologice în modul cel mai suplu și, pe de altă parte, de grija de a adopta pentru fiecare dintre perioadele considerate un plan care reflectă atît structurile noastre moderne, cît și tendințele generale ale științei din epoca respectivă —, credem că și oricare alt plan s-ar preta la critici analoge, dacă nu chiar la critici și mai severe. De asemenea, este imposibil ca

o tablă de materii, oricît de amănunțit ar fi întocmită, să poată reflecta complexitatea istoriei vii.

Poate că nu este inutil să amintim că acest studiu exclude atît științele umanistice, cît și pe cele tehnice. Agricultura, industria chimică, industria textilă, metalurgia, mineritul, tehnica construcțiilor, mecanica aplicată, calculul mecanic, cartografia, topografia, meteorologia și altele nu sînt tratate în acest volum. Deși au fost evocate numeroase legături dintre dezvoltarea științelor pure și progresul tehnicii, am putut să reducem totuși aceste incursiuni la strictul necesar, datorită faptului că se află în pregătire publicarea unei *Istorii generale a tehnicii**. Includerea istoriei medicinii în programul nostru nu constituie o excepție de la această regulă, deoarece dacă prin obiectul ei medicina este o tehnică a îmbunătățirii condiției umane, dezvoltarea ei este prea strîns legată de aceea a biologiei pentru ca să le putem disocia.

Menționăm, de asemenea, că existența celor șapte volume ale *Istoriei generale a civilizațiilor* ne-a permis să limităm la niște sinteze concise descrierea contextului politic, filozofic, economic și social. Analiza etapelor esențiale ale evoluției științei a putut astfel să beneficieze de o expunere întrucîtva mai largă. Evident, demarcațiile cronologice pe care le-am introdus, necesare pentru claritatea expunerii, nu trebuie să fie luate într-un sens prea strict. De altfel, alegerea lor a fost studiată în mod special pentru fiecare disciplină, iar munca noastră de coordonare a constat mai ales în restabilirea unei continuități relative.

Ca și volumul precedent, acest nou volum al *Istoriei generale a științei* rezultă dintr-o colaborare devotată și întemeiată pe încredere a unui număr mare de autori, care au acceptat de bunăvoie să se conformeze disciplinei destul de stricte pe care o impune realizarea unei asemenea opere. Mulțumindu-le, exprimăm totodată cea mai sinceră recunoștință tuturor colaboratorilor binevoli care ne-au ajutat cu sfaturile sau care au participat la revizia lucrării. Editura Presses Universitaires de France a manifestat o grijă cu totul deosebită pentru realizarea acestui volum, fapt pentru care îi sîntem profund recunoscători.

A doua ediție a acestui volum a fost obiectul unei revizii și al unei sistematizări atente din partea diverșilor autori. Afară de aceasta, numeroase capitole au fost într-o măsură considerabilă remaniate și extinse sau chiar complet rescrise, ameliorîndu-se și lărgindu-se totodată structura de ansamblu a unor părți; între altele, studiul științelor biologice în diverse perioade a fost mult dezvoltat și reorganizat. Pentru această revizie și pentru redactarea capito-

* *Histoire générale des techniques*, sub redacția lui MAURICE DAUMAS, Presses Universitaires de France, Paris, 1965.—*N.R.*

lelor adăugate, am beneficiat de concursul a zece autori noi, cărora le mulțumim pentru prețioasa lor colaborare. De asemenea, am profitat de experiența acumulată în procesul de elaborare a celorlalte volume și de părerile adesea cît se poate de constructive ale autorilor unor recenzii sau ale unor cititori atenți.

O atenție cu totul specială s-a dat anexelor documentare de care depind comoditatea și eficacitatea folosirii unei asemenea lucrări. Astfel, indicii au fost cu grijă revăzuți și completați, iar bibliografiile au fost actualizate, lărgite și clasificate într-un mod mai sistematic.

RENÉ TATON

PARTEA ÎNTÎI RENAȘTEREA

Diviziunea pe care o introducem pentru a delimita această primă parte prezintă, ca orice diviziune cronologică, un caracter în parte artificial. Într-adevăr, termenul însuși de Renaștere se poate preta la confuzii și la critici. Cît despre hotarele acestei perioade, ele au, evident, un caracter cu totul relativ.

Este totuși incontestabil că perioada de un secol și jumătate care-i desparte pe scolasticii de la începutul secolului al XV-lea de primii reprezentanți autentici ai științei din secolul al XVII-lea — Viète, Galilei, Kepler, Gilbert, Bacon și Harvey — reprezintă o etapă fecundă și necesară în elaborarea științei moderne. Bineînțeles, termenul de Renaștere nu trebuie luat într-un sens prea absolut. Accentul pe care el îl pune asupra triumfului umanismului, asupra studiului mai direct al Naturii nu trebuie să ne facă să uităm celelalte surse ale progresului sau ale stagnării, imensul răsunet al marilor descoperiri, avîntul pronunțat al pseudoștiințelor, bogăția și confuzia moștenirii medievale, preocupările tehnice și consecințele — fecunde sau nefaste — ale Reformei. Cu aceste rezerve, perioada la care ne referim ne apare în același timp bogată și captivantă prin producția ei exuberantă, îmbinînd inovațiile cele mai rodnice cu interpretările cele mai iraționale. De altfel Renașterea este încă o perioadă a enciclopedismului. De aceea demarcațiile pe care am fost obligați să le introducem între diversele științe au avut, de cele mai multe ori, drept principală justificare numai înlesnirea expunerii, extrăgînd dintr-o realitate, adesea confuză, marile linii ale progresului.

Ştiinţa Renaşterii

A trecut timpul cînd istoricii preamăreau secolul al XVI-lea drept epoca în care „Renaşterea literelor" a smuls Occidentul din „întunericul" evului mediu. Eliberat de această viziune maniheeană, mai sensibil faţă de continuitatea istoriei intelectuale, faţă de aspectele luminoase ale evului mediu ca şi faţă de umbrele Renaşterii, istoricul are totuşi astăzi destul de lucru pentru a degaja cele cîteva linii de forţă şi direcţii majore în gîndirea complexă şi multiformă a unei epoci în care totul era posibil, în care anarhia părea a fi regula, iar dezordinea — condiţia progresului.

În perioada dintre războaiele din Italia şi războiul de treizeci de ani, în înfruntarea naţiunilor care se descoperă pe ele însele, în fărîmiţarea creştinătăţii în urma luptelor sociale şi religioase, Europa iese dureros din evul mediu. Fapt deosebit de remarcabil, ea este conştientă de lucrul acesta. Redescoperirea autorilor antici îi dă sentimentul de a fi ajuns, printr-un singur salt, la cel mai înalt grad de cultură atins vreodată în Occident; descoperirea unei lumi noi, inventarea tiparului[1] şi a prafului de puşcă, stăpînirea adevărului evanghelic, toate acestea o conving că ea este acum mai avansată decît acei

[1] Influenţa tiparului asupra dezvoltării ştiinţei şi a culturii în general a fost cu adevărat revoluţionară. Timp de patru sute de ani tipăriturile (cărţi şi periodice) au alcătuit principalul mijloc de conservare şi de răspîndire (în straturile sociale, în spaţiu şi timp) a informaţiei relativă la cunoaştere (ceea ce P. Caravia numeşte, astăzi, gnosinformaţie). În ultimele decenii acest mijloc este concurat de mijloacele electronice (radio, televiziune, magnetofon, calculatoare). Influenţa „revoluţiei Gutenberg" asupra mentalităţii omenirii a fost cercetată critic, recent, de către McLuhan.

Cu privire la evoluţia activităţii tipografice şi punerea ei în slujba ştiinţei pe teritoriul României, menţionăm următoarele. Prima tipăritură bisericească, în limba slavonă, datează din 1508 (Macarie, Mănăstirea Dealului), primele tipărituri româneşti — din aceeaşi sferă a culturii — apar în 1544 (*Catehismul*, Sibiu) şi 1559 (Coresi, Braşov). Prima carte cu conţinut ştiinţific apărută pe teritoriul României este o carte din 1551, *Sanitas studium* (P. Kyr), în limba latină. Cea dintîi carte medicală într-o limbă modernă este *Pax corporis* (1690), în maghiară, datorită lui Fr. P. Papai. Cea dintîi lucrare cu conţinut medical în limba română apare după 1803 şi se referă la sifilis. Prima lucrare ştiinţifică în româneşte va fi cea publicată de Vasile Popp în 1821 şi care se ocupă de apele minerale. Prima lucrare ştiinţifică medicală originală elaborată de un român o datorăm lui I. Piuariu-Molnar (*Paraenesis*, 1799). — *V.S.*

maeștri pe care îi admiră. Pe la mijlocul secolului al XVI-lea se poate vorbi despre o Renaștere triumfătoare, în stare să lase drept moștenire posterității imaginea pe care ea singură și-a făurit-o despre sine.

MOȘTENIREA MEDIEVALĂ. Or, această Renaștere datorează mult evului me diu pe care îl disprețuiește. În primul rînd, ea îi datorează arsenalul său intelectual. Majoritatea universităților europene sînt încă tinere. La începutul secolului al XVI-lea, multe dintre ele există de mai puțin de o sută de ani și prinții protestanți din Germania se vor grăbi să înființeze noi universități. Fără doar și poate, ei nu considerau sistemul atît de perimat cum afirma Luther. Tocmai ca o tradiție medievală, studenții din secolul al XVI-lea au păstrat obiceiul de a cutreiera Europa pentru a asculta în diverse orașe dascăli iluștri: pe Gesner la Montpellier, pe Paracelsus la Ferrara, pe Vesalius la Paris, pe Copernic la Bologna și pe atîția alții — pînă la începutul secolului al XVII-lea. Fără îndoială, era nevoie de transformări. Era necesară sporirea retribuției și demnității profesorilor de retorică, trebuiau create — ca în Germania și în Italia — catedre de astronomie și de matematică, trebuiau numiți lectori regali pe lîngă Universitatea prea veche din Paris. În aceleași colegii pariziene, despre care Erasmus păstra o amintire atît de proastă, Fernel putea să întîlnească, peste numai cîțiva ani, pe Mathurin Cordier sau pe Ignațiu de Loyola, iar Vesalius avea să asculte prelegerile lui Jacques Dubois-Sylvius, înainte de a deveni el însuși profesor la Padova, așa cum și majoritatea altor mari medici ai timpului său predau la alte universități. De-abia în secolul al XVII-lea, și încă nici atunci în toată Europa, știința va abandona sistemul universitar moștenit din evul mediu. Ea nu mai este știința Renașterii. Cît despre știința neuniversitară, acea a „artiștilor", a inginerilor, a hidrografilor, a arhitecților, ea n-a așteptat secolul al XVI-lea pentru a se dezvolta și a beneficia de protecția principilor. În tot cursul secolului al XV-lea amploarea pe care au luat-o marile lucrări civile și militare, publicarea de tratate specializate au făcut ca spiritele să cunoască acele mașini ingenioase la care a visat atîta timp Leonardo da Vinci. Trebuie spus că inventarea tiparului, care va contribui fără îndoială la răspîndirea rapidă a spiritului nou, nu a avut nici un rol în apariția acestui spirit. De sub tipar vor ieși, în primul rînd, marile opere ale științei medievale — *Sphaera* lui Sacrobosco (datînd din prima jumătate a secolului al XIII-lea), tipărită la Ferrara în 1472 și reeditată de mai multe ori, *Anatomia* lui Mondino dei Luzzi (apărută în 1316), tipărită de șapte ori înainte de 1500; *Canonul* lui Avicenna (mort în 1037) și *opusculele* lui Rhazes (mort în 924), ambele apărute ca incunabule în paisprezece ediții.

Este greu, de asemenea, să atribuim căderii Constantinopolului și sosirii în Italia a învățaților și a manuscriselor grecești importanța decisivă care le-a fost mult timp acordată. Încă Petrarca, mort în 1374, propovăduia întoarcerea la retorica lui Cicero, iar Manuel Chrysoloras a predat greaca clasică la Florența încă în 1396. Tendințele majore ale Renașterii, acelea care vor determina, în mare măsură, natura activității științifice în secolul al XVI-lea,

apar treptat în secolele XIV-XV. Ele sînt rezultatul unei evoluții lente a societății și gîndirii medievale, și nu consecința unui brusc accident istoric.

DE LA RAȚIONALISM LA INDIVIDUALISM. Începînd cu secolul al XIII-lea, cel puțin, filozofia s-a încarnat în opera lui Aristotel, care devine pentru cinci secole mentorul gîndirii Europei occidentale. Dar această dominație a unui filozof păgîn asupra gîndirii creștine nu se va realiza fără serioase dificultăți care apar începînd cu secolul al XIV-lea, imediat după marea sinteză încercată de Toma d'Aquino, cu atît mai pregnant cu cît Aristotel este de foarte multe ori citit în lumina comentariilor lui Averroes. Condamnat încă în 1270, mai mult sau mai puțin protejat de teza „adevărului dublu", care separă radical filozofia de revelație, averroismul a servit cel puțin pentru a prelungi pînă în secolul al XVII-lea, prin intermediul lui Pomponazzi și al școlii din Padova, un aristotelism destul de riguros, în pofida unei anumite tendințe spre panteism. Lucrările lui Fernel, Cesalpino și Fabricio d'Acquapendente în domeniul fiziologiei umane, animale și vegetale sînt o mărturie a acestei influențe persistente a raționalismului aristotelic de-a lungul întregului secol al XVI-lea, dar opoziția față de știința modernă din partea lui Cesare Cremonini, ultimul reprezentant al școlii din Padova, mort în 1631 și care era totuși un prieten al lui Galilei, arată că aristotelismul nu mai avea nici o perspectivă.

Dar dacă averroismul a supraviețuit, aceasta s-a petrecut într-o atmosferă de condamnări repetate și de critici neîncetate, care nu întîrzie să afecteze ansamblul raționalismului aristotelic. Cunoașterii universale și raționale spre care tindea aristotelismul, Ockham îi opune, la începutul secolului al XIV-lea, ideea cunoașterii intuitive și experimentale a faptului individual, singurul care există în mod real. Aceste poziții aveau să favorizeze dezvoltarea unei științe bazate mai mult pe observarea lucrurilor decît pe raționamentul aprioric, dar ele puteau satisface și pe mulți teologi și credincioși, neliniștiți de faptul că vedeau religia creștină ajunsă pradă logicienilor scolastici. Încă de la începutul secolului al XIV-lea, magistrul Eckhart inaugurează marea serie a misticilor care se vor perinda timp de patru secole în Renania, Flandra, Spania și Franța, regăsind căile contopirii imediate a sufletului cu Dumnezeu și, în același timp, marile teme ale creștinismului neoplatonic. Toma din Kempis, autorul probabil al *Imitației lui Iisus Hristos*, exprimă clar disprețul său pentru certurile dintre școli și, fără a se ridica pînă la această culme, Petrarca blestemă pe dialecticienii veniți din nord, adică de la Universitatea de la Paris și este încîntat să găsească în persoana sfîntului Augustin atît un învățător elocvent, cît și o călăuză spirituală. Pentru a te mîntui — singurul lucru care contează — nu este de mare folos să fii realist sau nominalist; este mai important să-i citești pe Sfinții Părinți, Evanghelia și chiar pe Cicero sau pe Seneca. Începînd cu Coluccio Salutati, mort în 1406, și pînă la Marsilio Ficino, născut în 1433, dorința unei vieți înțelepte și creștine abate pe gînditori de la disputele barbare ale scolasticii și conduce la moraliștii și înte-

lepții antichității; dar în felul acesta se creează însă alte probleme, deoarece Virgiliu sau Cicero nu erau mai creștini decît Aristotel.

Ceea ce se conturează clar îndărătul acestei evoluții sînt progresele unei viziuni individualiste a lumii. Omul se simte din ce în ce mai puțin membru inseparabil al unei comunități și din ce în ce mai mult un individ, aflat singur față în față cu Dumnezeu și cu natura. De-abia în 1336, papa Benedict al XII-lea vorbește despre judecata particulară pe care orice suflet trebuie s-o înfrunte individual în momentul morții, iar conciliul din Florența mai discuta încă această problemă, în 1438. Mîntuirea personală devine preocuparea dominantă a credinciosului. Experiența personală a credinței, chiar extazul mistic, meditația personală asupra textelor au o importanță mult mai mare decît puterile rațiunii naturale în fața misterului Trinității. Și ceea ce este adevărat în viața religioasă, rămîne valabil și în cea profană. Reflecția abstractă asupra genurilor și speciilor nu are nici o însemnătate în fața experienței imediate și individuale a lucrurilor. Omul trebuie să-și trăiască viața, să trăiască în lume, după cum trebuie să-și întărească credința. Intelectualismul abstract încearcă să unească spiritele într-un adevăr universal; individualismul privilegiază experiența personală, intuiția imediată și incomunicabilă, întîlnirea directă cu realul concret. Foarte repede senzația și acțiunea sînt preferate cunoașterii raționale, iar expansiunea individului, căutării colective a adevărului. Favorizat de împrejurările istorice, economice și politice, acest individualism integral se va dezvolta în gîndirea Renașterii.

SINGURĂTATEA OMULUI DE ȘTIINȚĂ. Poate pentru că îi cunoaștem mai bine decît pe colegii lor din evul mediu, marii învățați ai Renașterii ne apar ca personalități mai puternice, mai hotărîte, mergînd uneori pînă la extravaganță. Desigur, gînditorii medievali nu se închideau bucuroși în universitatea sau în mănăstirea lor. Dar au existat oare printre ei atîți iluștri învățați rătăcitori? De la Cornelius Agrippa la Giordano Bruno, trecînd prin Vesalius, Paracelsus sau Cardano, cîți savanți rătăcitori, incapabili să se stabilească într-un loc, instabili și disprețuitori, gata oricînd să se certe cu un rege, cu un oraș, cu un coleg sau cu un prinț episcop, gata oricînd să plece din nou în întîmpinarea necunoscutului! Cei mai bine fixați sfîrșesc prin a ceda dezamăgirii sau tentației: Tycho Brahe trece maiestuos de la regele Danemarcii la împăratul german, iar Leonardo da Vinci pleacă să moară la Amboise. Dar chiar dacă el se ascunde în patria sa, așa cum face Copernic, pentru a duce acolo o viață obscură, marele savant al Renașterii este un om singuratic. El poate avea protectori, admiratori și chiar discipoli; dar el nu aparține unei comunități politice sau intelectuale; el nu face parte dintr-o școală și de cele mai multe ori colegii săi îi sînt rivali sau adversari. Instabilității vieții îi corespunde agresivitatea gîndirii pentru care polemica este forma naturală a dialogului, iar injuria — argumentul cel mai spontan; dar această agresivitate este mai mult semnul singurătății sale decît o trăsătură pitorească a moravurilor.

Și totuși rareori științele au beneficiat de o opinie publică mai favorabilă sau de ocrotitori mai bucuroși s-o ajute. În întreaga Europă se înmulțesc

centrele vieții intelectuale deschise spiritului nou. Prinților le place să se înconjure de savanți și eruditi, ei finanțează tipărirea unor cărți luxoase, pun să se construiască instrumente, adună biblioteci. Adesea universitățile își deschid porțile unor discipline și metode noi, creează catedre, colecții de istorie naturală sau grădini botanice. Tiparul oferă unui public mai larg posibilitatea de a se iniția în cultura științifică. Omul de știință din secolul al XVI-lea nu se poate plînge că este necunoscut sau disprețuit.

Dar în această perioadă, mai mult ca oricînd, aventura cunoașterii este o aventură solitară, ca și aceea a mîntuirii, și ființa umană se angajează în ea în întregime. Pentru Paracelsus sau van Helmont, acestea două nu constituie de altfel decît una și aceeași aventură și cunoașterea lumii nu se dobîndește fără puritatea inimii. Fără a merge atît de departe, majoritatea învățaților urmează fiecare calea sa proprie. Leonardo își face însemnările în carnete secrete, protejate de o scriere inversată; Tartaglia refuză să-i comunice lui Cardano metoda sa de rezolvare a unei ecuații de gradul al treilea; Versalius duce singur la îndeplinire uriașul său plan al lucrării *De humanis corporis fabrica* și Fernel se apucă să realizeze singur sinteza medicinii din epoca sa; Tycho Brahe pretinde că nu datorează nimic lui Copernic, iar Galilei dorește să-l ignoreze pe Kepler care a trebuit să aștepte moartea lui Tycho Brahe pentru a obține majoritatea informațiilor pe care spera să le aibă de la el. Invidia, vanitatea, gustul misterului, nu explică însă totul. Esențialul constă poate în faptul că omul de știință din secolul al XVI-lea nu are în fața lui și nu vrea să aibă în fața lui decît natura, masa enormă a faptelor în diversitatea lor ireductibilă. El nu recunoaște nimănui dreptul de a le interpreta în locul său; el nu crede că cineva le-ar fi interpretat corect înaintea lui. Pentru a face să progreseze știința, el nu pornește de la ceea ce este universal admis, deoarece nimic, cu excepția unor adevăruri din domenii rare, nu este universal admis. Este sarcina lui exclusivă să construiască direct, pornind de la totalitatea faptelor, întregul edificiu al cunoașterii. El este singur și în întregime răspunzător de tot: cine îl atacă într-un detaliu îi distruge opera și îi devine dușman.

Influența masivă a științei antice nu zdruncină, în general, această convingere. În primul rînd, pentru că de multe ori celor vechi nu li se cere decît să furnizeze fapte. Pliniu — înlocuit la nevoie cu Albertus Magnus sau Vincent de Beauvais — oferă un repertoriu inepuizabil. Faptul citit în carte are aceeași valoare ca și faptul observat în natură. Chiar și o opinie citită într-o carte devine un fapt, considerîndu-se perfect legitimă extragerea ei din context și libera ei folosire. Un procedeu cu totul specific de a cita — bazat în realitate pe valoarea absolută atribuită cuvîntului — permite ca un autor să fie utilizat, fără să se ia în considerație gîndirea lui, și să se construiască, de pildă, o știință „creștină", pe baza „acordului perfect" dintre Hipocrat și Galen sau chiar dintre Platon, Aristotel, Moise și Hermes Trismegistos. În sfîrșit, gîndirea aristotelică este considerată mai puțin o doctrină filozofică decît expresia cea mai naturală a adevărului, deoarece ea domină în această epocă întreaga viziune a lumii, așa încît chiar cei care, asemenea lui Paracelsus, resping în modul cel mai zgomotos logica lui Aris-

BIBLIOTECA CENTRALĂ UNIVERSITARĂ BUCUREȘTI

totel, nu reușesc să evadeze în întregime din cosmosul aristotelic. Chiar în momentul cînd el este copleșit de greutatea ideilor primite pe care le colecționează cu pasiune, savantul din secolul al XVI-lea este convins că abordează Natura în mod liber și numai cu puterea geniului său.

O ȘTIINȚĂ A TOTALITĂȚII. E vorba de întreaga Natură, deoarece nu există decît o știință a totalității, fiecare parte a universului fiind legată de toate celelalte, și orice fenomen natural punînd în joc cauza primă. Cînd Jean Bodin prezintă o clasificare a animalelor, ea începe în felul următor:

- Animalul
  - Inteligent...
    - Celest...
      - Vizibil (stele rătăcitoare și fixe)
      - Invizibile (îngerii cerești și cerurile)
    - Sublunar...
      - Vizibil (omul)
      - Invizibil (spirite care supraviețuiesc cadavrelor umane. Îngeri sublunari de două feluri)
  - Brut...
    - Terestru...
      - Fără sînge
      - Cu sînge
    - Acvatic...
      - Zburător
      - Înotător

Gustul, poate galenic, al subdivizării la infinit, așa cum se manifestă la Fernel sau la Fabricio d'Acquapendente, se exercită totdeauna asupra unei materii omogene. Noțiunea omului-microcosmos legat de totalitatea cosmosului exprimă aceeași convingere. Nu există o deosebire sau în orice caz o distanță de nestrăbătut între natură și supranatură. Dumnezeu nu se mai află în afara cosmosului: el face să pătrundă în cosmos neîncetat forțe puternice, cărora stelele le servesc ca etape intermediare. Niciodată astrologia nu a fost mai legitimă și nu a fost practicată pe o scară mai largă. Nu este imposibil ca acest sentiment profund al unității creației să fi contribuit la distrugerea distincției aristotelice dintre lumea cerească și lumea sublunară, distrugere fără ce care revoluția astronomică ar fi fost imposibilă. Pentru Copernic, fără îndoială, și cu siguranță și pentru Kepler, necesitatea de a repune pe Dumnezeu în centrul creației este cea care conduce la plasarea Soarelui, această imagine a lui Dumnezeu, în centrul lumii. Știința trebuie să fie universală, deoarece totul se leagă prin creație și ea trebuie să fie o operă individuală, deoarece trebuie să descopere cheia *unică* a creației. Aceasta înseamnă că știința — așa cum o înțelegem noi — nu există. De altfel nici nu există încă un cuvînt care s-o desemneze în specificitatea ei, așa cum o înțelegem noi astăzi. Istoria, teologia, filologia sînt elemente ale științei universale.

Neputîndu-se realiza ca o știință universală, știința va încerca cel puțin să fie enciclopedică. Este cunoscut programul pe care Gargantua îl fixează

fiului său Pantagruel, iar *Biblioteca Universalis* a lui Gesner sau lucrările lui Aldrovandi depășesc chiar și ambițiile acestui program. Trebuie spus totul despre toate și totul trebuie pus pe același plan, deoarece totul prezintă același interes, totul satisface curiozitatea neobosită a erudiților colecționari de fapte. Raționamentul prin analogie, de care Paracelsus face uz atît de constant, se exercită pe deplin într-un univers în care totul este comparabil și în care totuși fiecare lucru existent este unic. În acest univers, logica este inutilă, iar rațiunea dăunătoare, deoarece, fiind ceea ce distinge, și deci separă omul de natură, ea creează o distanță între omul de știință și obiectul său și împiedică intuiția și simpatia, singurele care duc la cunoaștere. Intuiția globală a lumii și intuiția directă a obiectului sînt mijloacele și scopurile acestei științe antiintelectualiste și, în mod necesar, individuale și cvasiincomunicabile, deoarece este accesibilă numai unor „aleși".

În expresia sa cea mai pură, știința Renașterii s-a născut dintr-o revoltă împotriva intelectualismului aristotelic. Ea va căuta în antichitate mijloacele de a-l corecta sau de a-l contrazice pe Aristotel: Ptolemeu, gînditor nearistotelic, nu a fost niciodată atît de bine cunoscut ca în momentul cînd Copernic întreprinde răsturnarea concepțiilor sale, de data aceasta în numele astronomilor pitagoreici. Această știință s-a alimentat mai ales din Pitagora și din Platon, din neoplatonici, din gnosă și din cabală, masiv editate și traduse începînd cu a doua jumătate a secolului al XV-lea și studiate neîncetat de gînditori de la Marsilio Ficino pînă la Jean Bodin. Dar această revoltă antiaristotelică s-a desfășurat într-o societate care a învățat să gîndească în spirit aristotelic și care trăia încă în lumea aristotelică. Violent atacat de unii novatori, aristotelismul este minat cu încetul, mai ales din interior, și ne aflăm în fața ciudatului spectacol al unor savanți aristotelici care cred că rămîn fideli învățătorului lor, vorbesc încă limbajul acestuia și în același timp distrug treptat coerența unei gîndiri pe care ei nu o mai înțeleg.

Preocupată de înalte meditații mistice, știința Renașterii pierde totuși rareori grija utilului, adică grija acțiunii. Și în această privință ea este credincioasă revoltei antiintelectualiste care i-a dat naștere. Catalogarea ființelor întreprinsă de naturaliști trebuie să servească la alcătuirea unei farmacopei universale, iar intuiția pătrunzătoare recomandată de Paracelsus trebuie să descopere virtutea medicinală a lucrurilor; alchimistul vrea să reproducă în laboratorul său operațiile misterioase ale naturii, chiar în momentul cînd el afirmă că ele sînt inaccesibile rațiunii. Gustul concretului contribuie la respingerea sistemului ptolemeic. Gustul acțiunii imediate călăuzește, de asemenea, activitatea tuturor inginerilor practicieni care se ocupă destul de puțin de Aristotel și într-o măsură cu mult mai mare de o mecanică de care au nevoie. Leonardo da Vinci rămîne cel mai strălucit dintre acești ingineri, dar este poate mai important să subliniem că cel puțin doi dintre marii matematicieni ai secolului al XVI-lea, Bombelli și Stevin, au ieșit din rîndurile lor. În această privință, și poate numai în această privință, știința veche

a oferit într-adevăr bazele pe care savanții moderni le-au folosit ca punct de plecare: Euclid, Diofant și mai ales Arhimede și-au găsit adevărații urmași în secolul al XVI-lea.

Era însă prea devreme ca matematicienii să poată substitui o nouă raționalitate vechii raționalități aristotelice. În timp ce aspectele mistice ale științei din secolul al XVI-lea conduc la o concepție irațională asupra naturii, gustul ei pentru observația nereflectată, pentru faptul concret și pentru acțiunea practică împiedică efortul de abstractizare necesar oricărei științe. Atitudinea lui Ramus oferă o probă caricaturală a acestui fapt. În cele din urmă, după ce a contribuit pe o scară largă la distrugerea unui sistem vechi și după ce a îmbogățit știința cu o mulțime de cunoștințe de detaliu, Renașterea se dovedește incapabilă de a crea un sistem nou și conduce Europa la una dintre cele mai grave crize intelectuale prin care i-a fost dat să treacă. Partea cea mai durabilă care subzistă este vechiul mesaj al științei pitagoreice, căruia Galilei îi va da un sens nou: „natura este scrisă în limbaj matematic".

Cartea întîi
ŞTIINŢELE EXACTE

Am împărţit schiţa noastră a istoriei ştiinţelor exacte din epoca Renaşterii în trei părţi: matematica, astronomia şi fizica (sau mecanica) deşi, ce e drept, la acea epocă cea din urmă nu poate fi încadrată printre „ştiinţele exacte", decît prin anticipare.

Această împărţire este, fără îndoială, destul de convenţională. Astfel, astronomia este evident strîns legată de matematică şi chiar de fizică şi aceleaşi nume apar adesea în cîteva rubrici. Este totuşi o împărţire comodă; în afară de aceasta, ea ne permite să descoperim o anumită ordine, o anumită logică internă într-un proces istoric, care altfel apare ca fiind cu totul nemotivat.

Într-adevăr, influenţa factorilor externi, invocată uneori de istorici, este pe de-a-ntregul iluzorie. Astfel, apariţia tunului nu a provocat naşterea noii dinamici. Dimpotrivă, eforturile lui Leonardo da Vinci, ale lui Tartaglia şi ale lui Benedetti au fost contrazise de experienţa artificierilor. Nevoile navigaţiei, ale computului bisericesc şi ale astrologiei ar fi putut şi ar fi trebuit să provoace un efort de corectare a tabelelor astronomice, ceea ce nu s-a întîmplat; ele nu l-au putut determina pe Copernic să inverseze ordinea sferelor cereşti şi să aşeze Soarele în centrul universului. Cerinţele comerţului, extinderea schimburilor şi a relaţiilor bancare au dus, desigur, la răspîndirea cunoştinţelor de matematică elementară, ca şi a celor de contabilitate. Dar ele nu pot explica progresul spectaculos realizat de matematicienii italieni din prima jumătate a secolului al XVI-lea în domeniul algebrei şi nici efortul de „simbolizare" a operaţiilor aritmetice şi algebrice realizat cu răbdare de „cosiştii" din ţările de limbă germană[1].

În schimb, considerate în izolarea lor, cele trei serii de evenimente care constituie evoluţia matematicii, a astronomiei şi a fizicii, fără îndoială, apar nu ca explicabile, căci este zadarnic să încercăm să explicăm invenţiile sau descoperirile, ci, în orice caz, ca inteligibile. Istoria gîndirii ştiinţifice nu poate să se mulţumească cu mai puţin şi nici să pretindă mai mult.

[1] Afirmaţia autorului este excesivă. Deşi nu putem găsi întotdeauna o nevoie practică la izvorul unui progres teoretic, problema practică intră într-o relaţie de tip cibernetic cu problema teoretică, influenţîndu-şi reciproc (de obicei stimulîndu-şi reciproc) rezolvarea. Pe de altă parte, un anumit spirit de „mecanician-practician" îşi va pune pecetea pe modul de abordare a multor probleme ale naturii în secolele XV—XVIII — mod de abordare care este cantitativ şi legat de elaborarea unor modele matematice. — *V.S*

CAPITOLUL I
Matematica

A. RENAȘTEREA STUDIILOR MATEMATICE

În domeniul matematicii, a doua jumătate a secolului al XV-lea continuă mișcarea care animă prima jumătate — asimilarea din ce în ce mai completă a științei medievale și arabe de către savanții epocii, însoțită de efortul de redescoperire a surselor grecești și de răspîndire din ce în ce mai largă a acestor cunoștințe matematice în pături tot mai cuprinzătoare ale populației.

Cîteva evenimente au contribuit la accelerarea acestei mișcări: căderea Constantinopolului, care a făcut să se reverse în Italia o mare mulțime de savanți și de manuscrise bizantine, și inventarea tiparului, care a creat condiții pentru o difuzare mult mai largă a textelor. Firește, primele cărți tipărite nu sînt de domeniul matematicii și multe lucrări scrise la mijlocul secolului al XV-lea, între altele majoritatea operelor lui Nicolaus Cusanus, ale lui Peurbach și ale lui Regiomontanus, nu au fost imprimate decît mai tîrziu; altele nici măcar nu au văzut lumina tiparului, de pildă, cele ale lui Chuquet și ale lui Piero della Francesca. Totuși, în 1472 apare, la Ferrara, *Sphaera* lui Jean de Sacrobosco și în același an, la Nürnberg, apare lucrarea *Theoricae novae planetarum* a lui Peurbach (Nürnberg, aprox. anul 1472). Lucrarea astrologică a lui Ptolemeu *Quadripartitum* a apărut în 1484 și 1493 la Veneția, iar *Almageste* nu va fi tipărită decît în 1515, în limba latină (la Veneția) și în 1538, în limba greacă (la Basel), dar *Elementele* lui Euclid (sub redacția lui Campanus) sînt editate în 1482, la Veneția, de Erhard Ratdolt. Nu au fost uitați nici matematicienii medievali și dacă Leonardo da Pisa (Fibonacci) rămîne needitat pînă în secolul al XIX-lea, iar Levi ben Gerson pînă în zilele noastre, unele opere ale lui Bradwardine, ale lui Jordanus Nemorarius și chiar ale lui Nicole d'Oresme au fost tipărite (*Aritmetica* lui Jordanus în 1496, 1503 etc.; cea a lui Bradwardine în 1495; *Geometria speculativa* a aceluiași autor în 1495 etc.; *De latitudine formarum*, prelucrare după Oresme, în 1482 și 1486). Apar, de asemenea, manuale moderne. În 1478 se editează la Trevisa un manual de aritmetică anonim, urmat de o serie de alte manuale italiene sau germane.

Avînd la început o destinație pur practică, aceste manuale, care continuă învățămîntul oral al abaciștilor italieni și al *Rechenmeister*-ilor germani, se înmulțesc din ce în ce. La 15 ani după *Manualul* de la Trevisa apare *Summa* lui Luca Pacioli (Veneția, 1494), o adevărată sinteză a tuturor cunoștințelor matematice ale epocii.

NICOLAUS CUSANUS ŞI INFLUENŢA SA. Deşi cunoscut mai mult ca filozof decît ca savant şi deşi nu a făcut nici o descoperire ştiinţifică, Nicolaus Cusanus (1401—1464) a exercitat o anumită influenţă asupra lui Leonardo da Vinci, Giordano Bruno, Copernic şi Kepler. Afirmaţia sa cu privire la valoarea absolută a principiului continuităţii şi identificarea formală a cercului cu un poligon cu un număr infinit de laturi stau la baza lucrării lui Kepler *Stereometria doliorum* (Stereometria butoaielor), care a fost punctul de plecare al geometriei indivizibilelor din secolul al XVII-lea.

Epistemologia lui Nicolaus Cusanus este dominată de concepţia structurii dialectice a gîndirii noastre raţionale, al cărei domeniu propriu îl constituie finitul şi relativul şi a cărei lege supremă este opoziţia şi contrarietatea, precum şi a coincidenţei, în egală măsură dialectică, a acestor opoziţii şi contrarietăţi în cadrul Absolutului sau Infinitului, coincidenţă pe care spiritul noastru reuşeşte s-o sesizeze într-un act de intuiţie intelectuală, căruia Nicolaus Cusanus îi dă numele de *Docta ignorantia* (Ignoranţă conştientă).

Orice gîndire constă într-o comparaţie şi o stabilire de raporturi; raporturile îşi găsesc cea mai bună expresie în număr. Acesta exprimă însă în mod esenţial opoziţia dintre mic şi mare; el aparţine, de asemenea, în mod esenţial, domeniului finitului. Fără îndoială, putem să mergem totdeauna de la mare la mai mare şi de la mic la mai mic; dar în această progresie fără sfîrşit nu vom părăsi niciodată domeniul finitului, nu vom ajunge niciodată nici la *maxim*,adică la o mărime care să nu poată fi depăşită de una mai mare şi nici la *minim*, adică la o mărime atît de mică, încît una mai mică decît ea să fie imposibilă.[1] Pentru a atinge *maximul* sau *minimul* trebuie să depăşim transcendental seria infinită a mărimilor mari şi mici — şi atunci ne dăm seama că *maximul* mărimii şi *minimul* micimii revine la noţiunea de infinit.

Coincidenţa contrariilor în infinit se manifestă, de asemenea, în domeniul geometriei, unde nimic nu este mai opus decît noţiunile de drept şi de curb, afară doar de linia dreaptă faţă de linia frîntă. Şi totuşi această opoziţie nu este valabilă decît în limitele finitului. Astfel, curbura unui cerc descreşte pe măsură ce creşte raza lui; ea se măreşte, dacă raza se micşorează. Totuşi această curbură nu va fi niciodată *minimă* sau *maximă*. Ea dispare însă la infinit.

Nicolaus Cusanus trage din aceste consideraţii matematice concluzii destul de importante. Afirmînd că numai matematica permite spiritului uman să atingă certitudinea şi că ea constituie temelia fizicii, cu toate că, strict vorbind, realitatea fizică nu este pe de-a-ntregul reductibilă la matematică, el caută să aplice convingerile sale la problemele concrete ale ştiinţei.

Deşi lucrările matematice ale lui Nicolaus Cusanus constituie o mărturie a talentului său, ele nu prezintă o mare valoare. În primul rînd el abordează probleme care nu pot fi rezolvate, cum ar fi cvadratura cercului, iar soluţiile sale obţinute prin calea dublă a arcificării dreptei şi a rectificării arcului

[1] Este vorba aici de ceea ce, în analiza modernă, constituie proprietatea de nemărginire — atît inferioară cît şi superioară — a mulţimii numerelor reale. — *M.S.*

de cerc conduc la aproximații destul de imperfecte, ceea ce Regiomontanus nu va omite să sublinieze. Semnalăm totuși în lucrarea sa *De mathematica perfectione* (1458), excelenta aproximație care în notația modernă se exprimă sub forma $\varphi = \frac{3 \sin \varphi}{2 + \cos \varphi}$.

Nicolaus Cusanus știe că o linie nu poate fi descompusă sau divizată în puncte. Indivizibilitatea liniei constă în faptul că ea poate fi împărțită numai în linii, după cum indivizibilitatea planului (a suprafeței) constă în faptul că poate fi împărițt numai în planuri, iar a corpului (volumului) în faptul că poate fi împărțit numai în corpuri. Aceste indivizibilități nu sînt decît un fel de reflectări ale indivizibilității absolute a punctului, care le conține și le rezumă pe toate celelalte. Nicolaus Cusanus știe, de asemenea, că, deși poligoanele înscrise și circumscrise unui cerc se apropie unele de altele și de cerc — care este limita lor comună — atunci cînd numărul laturilor lor crește, ele nu vor coincide niciodată, nici unul cu celălalt și nici cu cercul.

Principiul coincidenței *maximului* și *minimului* îl face pe Cusanus să afirme că între figura minim și figura maxim, respectiv între triunghi (minimul numărului de laturi) și cerc (maximul absolut al numărului de laturi) trebuie să fie posibilă o asemenea coincidență.

Aceste considerații îl conduc pe Nicolaus Cusanus la afirmarea principiului continuității — enunțat odinioară de Campanus — potrivit căruia o mărime continuă care variază între o valoare mai mică și una mai mare decît o mărime dată trebuie să fie la un moment dat egală cu aceasta.[2] Principiul raționamentelor sale rămîne mereu același: coincidența, sesizabilă prin intuiție intelectuală (*visio intellectualis*), a *maximului* și a *minimului* în domeniul infinitului și aplicarea hotărîtă a principiului continuității; un raport valabil pentru *maxim* și *minim* este valabil și pentru valorile intermediare.

OPERA ÎNNOITOARE A LUI PEURBACH. Reluarea studiilor de astronomie și de matematică în Europa se asociază cu numele și cu opera lui Georg Peurbach (1423—1461). Prin el mișcarea umanistă cuprinde astronomia și proclamă — fără a repudia moștenirea arabă, pe care, dimpotrivă, și-o însușește — necesitatea întoarcerii la izvoarele autentice, adică grecești, ale științei astrilor.

Născut în împrejurimile orașului Linz, Peurbach și-a făcut studiile la Universitatea din Viena, apoi a plecat în Italia unde l-a cunoscut pe Nicolaus Cusanus și pe matematicianul și astronomul Bianchini. Întorcîndu-se la Viena, în 1454 devine astronomul regelui Ladislau al VI-lea al Ungariei. După cîtva timp predă astronomia, calculul și literatura clasică la Universitatea din Viena. *Algorithmus*, manualul după care preda, a fost tipărit pentru prima dată în 1492; republicat apoi de mai multe ori sub diferite titluri, el s-a bucurat de o mare popularitate în secolul al XVI-lea, ca manual de calcul în univer-

[2] Este ceea ce în analiza modernă constituie proprietatea lui Darboux a funcțiilor continue. — *M.S.*

sitäţi, unde a luat locul lucrării *Algorismus* a lui Sacrobosco. De fapt, manualul lui Peurbach nu este cu nimic mai bun decît acela al lui Sacrobosco. El nu dă decît reguli fără demonstraţii şi, fidel tradiţiei, consideră *mediaţia* şi *duplicaţia* drept operaţii independente. Afară de acesta, el nu se ocupă decît de operaţii cu numere întregi. Amintim că *algorismul* este calculul scris („cu pana"), cu folosirea cifrelor arabe, spre deosebire de calculul cu jetoane („pe linie"), derivat din abac şi legat de folosirea cifrelor romane, care va rămîne pînă în secolul al XVII-lea modul de calcul cel mai uzitat de către practicieni (negustori, zarafi etc.). Autorităţile publice favorizau folosirea cifrelor romane în documentele oficiale, socotind că cele arabe pot fi uşor falsificate. De aceea calculul după moda veche va fi predat în continuare de către „abacişti" şi „maiştri de calcul" şi nu va ceda locul „algorismului" decît foarte încet. El va fi inclus în majoritatea manualelor practice de aritmetică din secolul al XVII-lea. Folosirea abacului cu bile se va menţine de altfel pînă în zilele noastre în Orient.

Mult mai importantă decît *Algorithmus* este lucrarea *Tractatus... super propositiones Ptolemaei de sinubus et chordis*, unul dintre primele tratate de trigonometrie scrise în Europa, căruia Peurbach îi anexează un tabel de sinusuri de o precizie nemaicunoscută pînă atunci.

Invenţie indiană, *sinusurile* au fost introduse pentru a înlocui coardele, folosite de greci. Deşi traducerea lucrărilor de astronomie arabe îi familiarizase pe savanţii europeni cu această noţiune, lipseau totuşi tabele suficient de precise. Peurbach şi-a propus să umple această lacună. Bazîndu-se pe metodele arabe, în special pe cele ale lui Azarquiel (az-Zarqālī), el calculează un tabel de sinusuri ale unghiurilor (arcelor) de la 0 pînă la 90°, din 10 în 10 min. În calculul său, exprimîndu-şi rezultatele sub formă de fracţii zecimale, şi nu sexagesimale, Peurbach adoptă 60 000 ($6 \cdot 10^4$) ca măsură a razei (sau a semidiametrului: *sinus totus*), în locul valorii 60, adoptată de Ptolemeu pentru calculul coardelor în *Almageste*.

Tabelele lui Peurbach nu au fost niciodată publicate. Regiomontanus a hotărît să le înlocuiască cu altele, şi mai precise, pe care le-a calculat făcînd să varieze unghiurile (arcele) din minut în minut, şi considerînd raza egală cu $6 \cdot 10^4$, iar apoi cu $6 \cdot 10^6$ (pentru tabelul de tangente). Regiomontanus a folosit chiar valori zecimale ale razei (10^4 şi 10^7), pregătind astfel drumul pentru introducerea numerelor zecimale. Moartea prematură i-a zădărnicit proiectele şi *Tratatul* lui Peurbach, împreună cu tabelele discipolului său, a fost publicat abia în 1541 de J. Schöner. Peurbach a inventat, de asemenea un instrument de observaţie astronomic *quadratum geometricum*, al cărui principiu se bazează pe folosirea tabelului de sinusuri.

CONTRIBUŢIA LUI REGIOMONTANUS. Născut în 1436 la Königsberg (Franconia de Jos), Regiomontanus (pe numele său adevărat Johann Müller) şi-a început studiile de timpuriu la Universitatea din Leipzig, apoi la cea din Viena, unde a fost elevul lui Peurbach. Acesta i-a încredinţat misiunea de a duce la bun sfîrşit traducerea operei lui Ptolemeu, întreprinsă de el. Regiomontanus pleacă în Italia. A lucrat acolo, la început, pe lîngă cardinalul

Bessarion și pe lîngă Gheorgios de Trebizonda, apoi independent, copiind manuscrise grecești, printre care și *Almageste*. Călătorește prin Italia, făcînd observații astronomice și luînd legătura cu Bianchini, precum și cu umaniștii Guarino și Theodor de Gaza. Termină în Italia corectarea textului grecesc al lucrării *Almageste* și își încheie tratatul *De triangulis omnimodis* (la Veneția, în 1564). După popasuri la Viena și la Ofen, unde regele Ungariei, Matei Corvin, îi oferă postul de conservator al colecțiilor sale, sosește în 1471 la Nürnberg, unde un burghez bogat, Bernhard Walther, îi pune la dispoziție un observator, un atelier pentru fabricarea instrumentelor și o tipografie pentru tipărirea propriilor sale lucrări și ale operelor de știință clasice. În 1476 însă, papa Sixtus al IV-lea îl invită pentru a-l consulta asupra reformei calendarului și îl numește episcop de Ratisbona. După moartea sa, majoritatea cărților și manuscriselor sale au rămas în păstrare la Walther, iar apoi au fost preluate de Willibald Prickheimer, umanist german.

Opera științifică a lui Regiomontanus este foarte bogată, dar mai puțin originală decît s-a crezut înainte. Regiomontanus cunoștea bine lucrările predecesorilor săi, între altele o seamă de lucrări arabe sau ebraice, care au fost redescoperite abia în secolul al XIX-lea și a împrumutat din ele, în special de la Levi ben Gerson, al-Battānī și Nāsir ad-Din at-Ṭusi, o serie de idei care i-au fost atribuite lui. Rămîne însă meritul lui de a fi tratat cel dintîi trigonometria ca un capitol de sine stătător al științei.

Programul său de editare, pentru care a achiziționat și a copiat numeroase manuscrise, cuprinde, alături de lucrările lui Ptolemeu, majoritatea operelor de matematică și de mecanică din antichitate, mai multe tratate medievale, operele lui Peurbach (*Theoricae novae planetarum*, publicate prin 1472, *Tractatus... super propositiones Ptolemaei de sinubus et chordis*) și propriile sale lucrări.

Printre acestea, *De triangulis omnimodis libri quinque* (Cinci cărți despre triunghiuri), Nürnberg, 1533, ocupă primul loc prin valoarea lor intrinsecă și prin influența pe care au exercitat-o. Într-adevăr, în timp ce *Tratatul patrulaterului complet* al lui Nāsir at-Din at-Ṭusi, de care se apropie cel mai mult, ca sursă de inspirație, constituie încheierea unui drum (vezi vol. I, p. 491), cel al lui Regiomontanus anunță, dimpotrivă, un nou start.

Primele două cărți ale tratatului *De triangulis* sînt consacrate trigonometriei plane, următoarele două și cea mai mare parte a ultimei cărți — trigonometriei sferice. După cîteva propoziții generale, trigonometria începe cu propoziția a X-a, care afirmă că, în orice triunghi, laturile sînt proporționale cu sinusurile unghiurilor opuse. Această teoremă fundamentală, pe care o găsim deja la Levi ben Gerson, este aplicată la rezolvarea unor probleme concrete, formulate cu date numerice și tratate prin calcul.

Cartea a III-a și începutul Cărții a IV-a reproduc conținutul *Sfericelor* lui Menelaus și lui Theodosios. Două dintre propozițiile cuprinse în ele afirmă că suma laturilor unui triunghi sferic este mai mică decît un cerc mare, iar suma unghiurilor sale este mai mare decît două unghiuri drepte.

Proporționalitatea dintre sinusurile laturilor și sinusurile unghiurilor opuse este demonstrată pentru cazul triunghiului sferic dreptunghic și generalizată

apoi la toate triunghiurile sferice. Prin exemple şi calcule destul de complicate, Regiomontanus demonstrează că se pot determina laturile unui triunghi sferic cînd se cunosc unghiurile şi invers.

Cartea a V-a reia unele probleme prin metode noi care reflectă influenţa lui al-Battānī, în special folosirea funcţiei *sinus-versus*, definită ca diferenţa dintre *sinus totus* şi *sinus complementi* (cosinusul nostru, noţiune care i-a rămas însă necunoscută lui Regiomontanus, îl datorăm lui Rheticus (1551); cît despre termen, el a fost sugerat în 1620 de E. Gunter sub forma *cosinus*).

Probabil că Regiomontanus şi-a propus să-şi revadă lucrarea în lumina unor cunoştinţe însuşite mai recent (după 1464), prin lectura lucrărilor al-Battānī, în special după ce a asimilat noţiunea de *tangentă*[3] pentru ale cărei valori a calculat (în 1467) un tabel — „tabelul fecund" din *Tabula directionum* (publicată la Augsburg, în 1490), a cărei inspiraţie este, de altfel, mai mult astrologică decît astronomică. El a reuşit să revadă şi să pregătească pentru tipar numai prima carte a tratatului său. Menţionăm, de asemenea, lucrarea lui Regiomontanus *Introducere în Elementele lui Euclid* şi vasta lui corespondenţă ştiinţifică.

PRIMELE MANUALE. Ultimul pătrar al secolului al XV-lea a fost o epocă de intensă activitate literară şi mai ales tipografică. Operele tipărite în Franţa, Italia şi Germania nu excelează prin originalitate şi nu ating nivelul marilor matematicieni din secolele XIII şi XIV, ca Jordanus Nemorarius, Leonardo da Pisa şi Nicole Oresme. Unele dintre aceste opere ne informează însă asupra nivelului de răspîndire a cunoştinţelor matematice şi asupra rolului jucat de alianţa dintre matematica practică şi algebră în promovarea acesteia din urmă ca ştiinţă independentă. Afară de aceasta, ele oglindesc un efort conştient în vederea creării unei notaţii concise pentru a desemna operaţiile aritmetice şi algebrice, care pînă atunci erau exprimate cel mai adesea prin cuvinte.

Aritmetica de la Treviso (1478) este — în ordine cronologică — cel dintîi manual de matematică practică. Autorul — anonim — spune că mica sa lucrare, scrisă la cererea tinerilor care se pregătesc pentru profesiuni comerciale, grupează o serie de reguli deosebit de utile pentru tot felul de calcule.

Autorul trece în grabă peste primele două operaţii aritmetice. În schimb, pentru înmulţire şi împărţire, care par să fi prezentat pentru oamenii din evul mediu şi din epoca Renaşterii dificultăţi incontestabile, el oferă posibilitatea de a alege între mai multe tehnici diferite. Printre acestea se numără: înmulţirea pe coloană (*per colonna*), folosită mai ales cînd înmulţitorul are o singură cifră; înmulţirea în cruce (*per croxetto*): o a treia metodă, care poate fi folosită în cinci variante diferite, dintre care una, corespunzînd procedeului nostru,

[3] Deşi folosită de astronomii arabi, noţiunea de tangentă pare să nu fi atras atenţia celor din Occident. Nu era totuşi necunoscută: încă în secolul al XIII-lea Robert Englezul o desemnează cu termenul de „umbră", tradus din arabă, iar în secolul al XIV-lea Levi ben Gerson o tratează într-o lucrare care a fost tradusă în limba latină în 1342 sub titlul *De sinubus, chordis et arcubus, item instrumento revelatore secretorum* şi care a fost primul manual de trigonometrie scris în Occident. Exemplul lor nu a fost însă urmat şi de-abia Regiomontanus a recunoscut, cel dintîi, din nou utilitatea acestei noţiuni. Cît despre termenul *tangentă* el apare pentru prima dată în 1583, în *Geometria rotundi* a lui Thomas Fincke. — *N.A.*

este înmulțirea în tablă de șah (*per scachiero*). Împărțirea se poate face pe coloane, dacă împărțitorul are o singură cifră; dacă are mai multe cifre, se folosește împărțirea în „luntre" (*per batello*): rezultatele parțiale se scriu deasupra deîmpărțitului și se bifează succesiv la fiecare etapă. Această metodă continuă, fără îndoială, pe aceea a anticilor și a orientalilor, care scriau pe nisip sau pe tăbliță de ceară (vezi vol. I, p. 476).

Proba cu cifra 9 face parte integrantă din operație. Urmează apoi regula de trei (*regola de tre cose*), calculul amestecurilor (determinarea greutății metalelor prețioase în aliaje), calculul numărului de aur pentru computul bisericesc. Printre problemele tratate, dintre care unele datează din antichitate, vom semnala acea a urmăririi, prezentată sub forma unui iepure fugărit de un ogar, formă care apare încă la Alcuin, cît și problema întîlnirii a doi curieri care pornesc unul în întîmpinarea celuilalt.

Această lucrare a fost folosită ca model de mulți alți autori, dintre care cel mai cunoscut este Pietro Borgi (sau Borghi) (Veneția, 1484).

Aritmeticii de la Trevisa îi corespund un *Rechenbuch* publicat la Bamberg în 1482 de U. Wagner și din care ne-au parvenit doar cîteva fragmente, precum și un *Bamberger Rechenbuch* anonim, publicat în același oraș în anul următor, lucrare în care se face puternic simțită influența italiană. Mai completă și mai sistematică, aceasta din urmă cuprinde cunoștințe asupra numărării, adunării și scăderii, înmulțirii după cinci metode diferite și împărțirii, prin mai multe metode, a numerelor întregi (însoțite de proba cu ajutorul cifrei 7), cît și asupra fracțiilor; de asemenea, lucrarea se ocupă de calculul sumei termenilor progresiilor aritmetice și geometrice și de regula de trei, numită și regula de aur (*die gulden regel*).

Un capitol este consacrat calculului cu jetoane (*toletrechnung*), a cărui denumire vădește proveniența lui italiană (*tolet* = *tavoletta*). Găsim în același manual probleme de schimb și de aliaje și regula asocierii mai multor părtași. Tabele speciale permit găsirea directă a soluțiilor pentru diverse probleme.

Manualul lui Johann Widmann (*Behende und hubsche Rechenung auf allen Kauffmannschafft*, Leipzig, 1489) este mai complet decît *Rechenbuch* din care face numeroase împrumuturi și este scris la un nivel net superior. El anunță acea alianță dintre aritmetică și algebră, care ne va oferi în *Summa* lui Luca Pacioli exemplul cel mai strălucit. Interesul esențial al acestui manual constă în folosirea semnelor + și —, care însă nu desemnează nici operațiile de adunare și de scădere, nici numerele pozitive și negative propriu-zise, ci lipsa sau surplusul, precum și prima sau rabatul: 3 aune[4] mai puțin (—) 2 țoli; 3 mărci plus (+) trei dinari. Potrivit obiceiului matematicienilor medievali și orientali, problemele precum și regulile particulare care permit rezolvarea lor, deși aparțin aceluiași gen, sînt clasificate pe specii și poartă denumiri speciale: *regula pulchra*, *inventionis*, *fusti*, *sententiarum* etc.

Algebra, *Regel algebre oder cosse*[5], este evocată în tratarea problemelor de dobîndă simplă și compusă sau a problemelor care implică folosirea unei sau

[4] Aune — veche măsură de lungime de 1,188 m. — *N.T.*

[5] Termenul *coss*, prin care autorii germani desemnează algebra, nu este decît *cosa* (*res*) — lucru, cuvînt folosit pentru necunoscută de către autori italieni. — *N.A.*

a două poziţii false. Widmann nu recurge la termenii algebrei latine (*res*, *census*) şi nu foloseşte formule, dar enunţă diverse precepte care ţin de fondul de noţiuni algebrice.

Nivelul cunoştinţelor matematice ale epocii este reflectat într-un manuscris care se păstrează la Biblioteca din München (1461), şi într-un altul, care se află la Biblioteca din Dresden. Primul cuprinde diverse tratate ale lui Oresme, ale lui Bradwardine şi ale lui Nicolaus Cusanus, o geometrie practică, un tratat de calcule cu fracţii, o aritmetică germano-latină, care începe, după pilda celei a lui Boethius, prin consideraţii asupra numerelor pare şi impare, prime şi perfecte, şi se termină cu studiul progresiilor, al *regulii false*, al *regulii de aur sau de trei* şi al unor reguli particulare urmate de exemple. În sfîrşit, manuscrisul include un fragment din traducerea algebrei lui al-Khwarīzmī.

Manuscrisul de la Dresden, conţine, printre altele, două algebre — una în latină, cealaltă în germană, în care se găsesc diverse semne pentru notarea primelor patru puteri ale necunoscutei, şi o clasificare a ecuaţiilor deosebeşte cele 6 tipuri pe atunci clasice ale ecuaţiilor de gradul al doilea (dintre care trei tipuri de ecuaţii incomplete), precum şi 18 tipuri de alte ecuaţii, cubice şi bipătratice. Marele număr de tipuri de ecuaţii caracteristic pentru algebra evului mediu şi a Renaşterii se explică prin necunoaşterea numărului negativ şi necesitatea care rezultă de aici de a nu admite într-o ecuaţie decît termeni cu valoare pozitivă.

LUCRAREA *TRIPARTY* A LUI CHUQUET. Lucrarea *Triparty en la science des nombres*, alcătuită în 1484 la Lyon de medicul parizian Nicolas Chuquet, este scrisă la un nivel mult superior lucrărilor precedente, chiar *Summei* lui Luca Pacioli. Deşi nu putem afirma că vreuna dintre aceste lucrări le-a influenţat direct pe celelalte, asemănările dintre ele demonstrează că ele aparţin aceleiaşi tradiţii.

Tratatul lui Chuquet, care a rămas în manuscris, a fost redescoperit şi publicat de A. Marre, în 1880. El are trei părţi consacrate respectiv numerelor raţionale, numerelor iraţionale şi teoriei ecuaţiilor.

Credincios tradiţiei, Chuquet începe cu *numeraţia*, adică cu explicarea sistemului de numere şi a modului de scriere a acestora. Rolul cifrei zero este indicat cu o claritate perfectă. Pentru a înlesni numărarea, Chuquet propune împărţirea numerelor în grupe (cu ajutorul unor puncte) şi folosirea pentru fiecare grupă a unei denumiri care să indice imediat ordinul ei.

Astfel, „în loc de a spune *o mie de mii*, se va spune *un milion*, în loc de un milion de milioane etc. *bilion*, *trilion*, *cvadrilion*... *septilion*, *octilion*, *nonilion* şi aşa mai departe dacă vrem să continuăm".

Terminologia tehnică a lui Chuquet este perfect elaborată. Ea coincide adesea cu cea folosită astăzi. Tabla înmulţirii „numită — scrie el — mica tablă a algorismului" este dispusă în triunghi. Arătînd că proba cu cifra 9 nu poate să descopere unele greşeli, Chuquet preferă proba cu 7, „întrucît 7 este mai puţin familiar cu numerele decît 9". Chuquet arată că înmulţirea şi împărţirea cu 2, 3 etc. sînt cazuri particulare ale operaţiilor generale şi nu operaţii particulare.

Progresiile aritmetice și geometrice sînt clar definite, iar ceea ce constituie unul dintre cele mai frumoase titluri de glorie ale lui Chuquet este scoaterea în evidență a corespondenței dintre aceste două tipuri de progresii.

Dacă progresia aritmetică este cea a șirului de numere, iar progresia geometrică începe cu un număr oarecare, dar *numitorul* (rația) ei este egal cu acel număr [adică (în notații moderne) dacă este de tipul a, a^2, a^3,..., a^n], atunci — spune Chuquet — produsul a două numere din șirul al doilea va aparține șirului, iar numărul său de ordine va fi suma numerelor de ordine ale acestor factori.

Apare aici pentru prima dată — fapt deosebit de important — ideea de calcul logaritmic.

Ocupîndu-se de regula de trei, de *regula unei poziții* și de *regula a două poziții*, Chuquet operează perfect coerent și simetric cu numere pozitive și negative (*ung moins*), enunțînd regulile de folosire a acestora:

„Cine înmulțește plus cu minus sau invers va avea totdeauna minus. Cine împarte plus cu plus sau minus cu minus va avea plus, iar cine împarte plus cu minus sau minus cu plus va avea minus".

Cele două tipuri de numere, cît și operațiile de adunare și de scădere sînt desemnate prin semne (abrevieri) $\widetilde{p}$ și $\widetilde{m}$.

În lucrare apar și alte semne. Astfel, rădăcina este desemnată prin litera R̃ (semn pe care l-au mai folosit Leonardo da Pisa și Regiomontanus) prevăzută cu un exponent: R̃^{2}) pentru rădăcina pătrată (rădăcina a doua), R̃^{3} pentru rădăcina cubică etc. El arată, de asemenea, că această notație poate fi extinsă la rădăcina de ordinul unu, (R̃), care este numărul însuși (R̃ 12 = 12).

Notația exponențială cu ajutorul indicilor plasați sus la dreapta este extinsă de la rădăcini la puterile necunoscutei. Chuquet numește necunoscuta „număr prim", precizînd că cei vechi „o numeau lucru" (*res* și *cosa*) și nu o scrie în formulele sale. Astfel 12^1 s-ar transcrie în notația modernă $12x$. „Numerele secunde, terțe etc" desemnează puterile necunoscutei ($12^2 = 12x^2$; $12^5 = 12x^5$). Cu toată această lacună (omiterea notației necunoscutei), Chuquet înțelege atît de bine sensul profund al notației exponențiale, încît nu numai că la înmulțirea sau împărțirea unor expresii de tipul a^n, a^m aplică fără să ezite regula adunării sau scăderii exponenților (astfel $12^3 \cdot 10^5$ dă 120^8, adică, în notația modernă, $12x^3 \cdot 10x^5 = 120\,x^8$), dar nu este tulburat nici de apariția exponenților negativi, nici chiar de apariția exponentului zero care indică absența necunoscutei.

Tratarea extragerii rădăcinilor pătrate și cubice (regulile propuse fiind foarte apropiate de cele din manualele noastre) este negalată prin claritatea ei în secolul al XV-lea. În teoria ecuațiilor Chuquet, singurul printre contemporanii săi, nu caută să multiplice regulile particulare, ci, dimpotrivă, se străduiește să găsească regulile cele mai generale. El introduce patru clase canonice care, în notația modernă (pentru ecuațiile pătratice sau reductibile la pătratice), s-ar transcrie:

$$ax^m = bx^{m+n} \qquad ax^m + bx^{m \blacklozenge n} = cx^{m+2n}$$
$$ax^m = bx^{m+n} + cx^{m+2n} \qquad ax^m + bx^{m \blacklozenge 2n} = cx^{m+n}.$$

Exemplele considerate comportă uneori soluţii negative, socotite ca perfect valabile. Altele conduc la ecuaţii nedeterminate sau la grupuri de ecuaţii care admit o multitudine de soluţii.

Manuscrisul lui Chuquet, păstrat la Biblioteca naţională din Paris (324 de foi) cuprinde pe lîngă *Triparty* (f. 1—147) o culegere de 166 de probleme, un tratat de aplicaţii ale algebrei la geometrie şi o aritmetică comercială.

În unele probleme de gradul întîi cu mai multe necunoscute apare o nouă notaţie. Necunoscuta principală fiind notată totdeauna cu 1^1, o a doua necunoscută este notată cu 1^2 şi Chuquet reuşeşte uneori să o exprime în funcţie de prima. A treia necunoscută este notată la rîndul ei cu 1^3 şi apoi este exprimată şi ea în funcţie de prima. Rezolvarea problemei este redusă astfel la regula de obţinere a necunoscutei primare (J. Itard).

Din păcate, lucrarea *Triparty* nu a fost editată şi de aceea, deşi n-a rămas total necunoscută şi deşi regăsim uneori concepţiile lui Chuquet în alte lucrări, între altele în *Larismethique* a lui Etienne de la Roche (Lyon, 1520 şi 1538), cartea nu a avut asupra dezvoltării algebrei influenţa pe care ar fi putut s-o aibă şi numai *Summa* lui Luca Pacioli a constituit pentru secolul următor punctul de plecare şi sursa secundară a cunoştinţelor matematice, teoretice şi practice.

OPERA LUI PACIOLI. Luca Pacioli (Luca Paccioli sau Luca di Borgo San Sepulcro) s-a născut pe la 1445 la Borgo San Sepulcro, în Umbria. În 1464, vine la Veneţia unde îşi însuşeşte cunoştinţe din domeniul comerţului despre care ne vorbeşte în *Summa*. După ce intră în ordinul franciscan şi îşi completează studiile, predă matematica la Perugia (1475), în diferite alte oraşe din Italia, şi, în sfîrşit, la Roma, unde moare în 1514.

Cartea *Summa de arithmetica geometria proportioni et proportionalitá*, care a urmat după alte trei manuale mai scurte, rămase reeditate, a fost terminată, în 1487, la Perugia şi publicată în 1494 la Veneţia. Această lucrare voluminoasă, de 600 de pagini (300 de file), cuprinde, în afara subiectelor indicate în titlu, un curs complet de aritmetică comercială. Este o adevărată enciclopedie, şi tocmai acest caracter complet al lucrării, urmărit în mod conştient de Pacioli, explică succesul ei, care nu a fost împiedicat nici de lipsa de ordine, nici de stilul dificil şi limba greoaie.

Lucrarea este împărţită în cinci părţi care se subdivid, la rîndul lor, în tratate şi studii, dar nu cuprinde decît două volume, dintre care primul se ocupă de aritmetică (teoretică şi practică) şi de algebră (224 de file), iar al doilea de geometrie (76 de file).

Din punct de vedere matematic, există puţine lucruri noi în *Summa* lui Pacioli. Dar autorul nu caută originalitate şi indică, cît se poate de sincer, pe autorii din care s-a inspirat sau pe care i-a copiat. Dintre antici sînt menţionaţi Platon şi Aristotel, Euclid, Arhimede, Nicomah, Theon de Smirna şi Boethius, iar dintre medievali, Thabit, Ahmad ibn Yūsuf, Leonardo da Pisa, Bradwardine, Blaise de Parma, Albert de Saxonia, Jordanus Nemorarius, Jean de Sacrobosco. Dintre contemporani este citat Prodoscimo de'Beldomandi

(al cărui tratat *Algorismus de integris*, alcătuit pe la 1428, a apărut la Padova în 1483).

Prima parte a *Summei* lui Pacioli conține materia primă tradițională a aritmeticii teoretice și a algorismului: diferite categorii de numere (pătratice, dreptunghiulare, triunghiulare, perfecte, prietene etc.), cît și o schiță a teoriei celor cinci poliedre regulate.

Sînt studiate apoi operațiile aritmetice clasice din epoca respectivă — numărarea, adunarea, scăderea, înmulțirea, împărțirea, progresia, extragerea de rădăcini; de remarcat că mediația și duplicația sînt deliberat excluse. Adunarea, notată prin semnul $\widetilde{p}$, se face într-un singur fel. Scăderea, desemnată prin $\widetilde{m}$, se face după 3 metode diferite; înmulțirea — după 8 procedee, împărțirea — după 4, printre care metoda *a galea*, identică cu cea care în *Aritmetica de la Trevisa* se numea *per batello*, și metoda *danda* de care se serveau — spune Pacioli — practicienii și care este destul de apropiată de metoda noastră. Se recomandă cu insistență, folosirea „probelor" cu numerele 9 și 7. Urmează cîteva capitole, inspirate din Leonardo da Pisa, consacrate progresiilor și extragerii rădăcinii pătrate și cubice (acest din urmă caz fiind tratat în ipoteza că prin extragere se obține un număr rațional). Apoi vine studiul fracțiilor, folosindu-se o notație foarte puțin diferită de a noastră.

Pacioli indică abrevierile folosite în calculele uzuale, precum și altele pe care le numește „algebrice" (*caratteri algebrici*) folosite în *regola della cosa*.

Printre acestea figurează semnul Ry care indică rădăcina (Ry *prima* este identică cu numărul, Ry sau Ry^2 desemnează rădăcina pătrată, Ry^3 rădăcina cubică; indicii nu sînt plasați la exponent ca la Chuquet, ci la nivelul semnului Ry, fiind folosiți de Pacioli numai pentru rădăcinile pătrate și cubice).

Pentru rădăcinile cu indice superiori Pacioli urmează în mod greșit principiul adunării, folosindu-l într-o manieră destul de puțin coerentă.

Astfel, $\sqrt[7]{}$ este desemnată prin Ry Ry Ry *cuba*; $\sqrt[5]{}$ prin Ry *relata*; $\sqrt[6]{}$ prin Ry *cuba* de Ry *cuba* și $\sqrt[8]{}$ prin Ry Ry *cuba* de Ry *cuba*. Rădăcina unei expresii algebrice se scrie: Ry *u radix universalis*).

De notat că aceleași „caractere" sînt folosite uneori pentru a desemna puterile, ceea ce nu contribuie la claritate.

Dar în mod obișnuit puterile sînt notate într-un fel cu totul diferit. Într-adevăr, necunoscuta (*res* sau *cosa*) este desemnată prin simbolul *co*, în timp ce puterile poartă denumiri speciale și sînt desemnate prin următoarele abrevieri: *censo* = *ce.* (pătrat); *cubo* = *cu.* (cub: x^3); *censo de censo* = *ce. ce.* (pătratul pătratului: x^4); primo relato = $p^{\circ}.r^{\circ}.$ (x^5); *censo de cubo* = *cubo de censo* = *ce. cu.* (x^6); *secundo relato* = $2^{\circ}.r^{\circ}.$ (x^7); *censo de censo de censo* = *ce.ce.ce.* (x^8) etc.

Deoarece acest sistem de denumiri era bazat pe înmulțirea exponenților și nu pe adunarea acestora, Pacioli a fost nevoit să introducă denumiri speciale (acele *relati*) și abreviații specifice pentru puterile la care exponentul era număr prim 5, 7, 11 etc.

Egalitatea se notează prin cuvîntul *eguale* sau printr-o linioară: —, sau nu este de loc notată. Numărul constant, care figurează eventual într-o ecuație este numit *numerus*. În cazurile — rare și pe care autorul le evită — în care o

ecuație comportă două necunoscute, necunoscuta a *doua*, numită și *quantita*, este desemnată printr-un semn special: $\overline{q\beta}^{a}$.

În studiul consacrat algebrei propriu-zise, Pacioli începe prin explicarea semnelor $\tilde{p}$ și $\tilde{m}$ (plus și minus: *piu e meno)* a căror folosire o rezumă într-o serie de reguli mnemotehnice. El precizează că *practica speculativă* numită în mod vulgar „regula lucrului" (*regola della cosa*) sau „marea artă" (*arte maggiore*) mai poartă și denumirea de *algebra et almucabala*.

Teoria ecuațiilor deosebește trei tipuri particulare simple: $ax^2 = bx$; $ax^2 = c$; $bx = c$ (în notație modernă) și trei cazuri principale: $x^2 + ax = b$; $x^2 = ax + b$; $x^2 + b = ax$.

Rezolvarea cazurilor principale se bazează pe trei reguli mnemotehnice. Ecuațiile de grad superior (bipătratice) sînt grupate în opt tipuri, dintre care două, cele care se reduc la ecuații de gradul al treilea, sînt considerate „imposibile".

Pacioli pune apoi, poate pentru prima dată, problema repartiției sumei rezultate din mize la jocuri: un joc la care pentru a cîștiga, trebuie să obții 6 puncte se întrerupe în momentul în care unul dintre jucători are 5 puncte iar celălalt 2 puncte. Cum trebuie împărțită suma în joc, întreabă Pacioli. Și răspunde greșit: proporțional cu numărul punctelor obținute.

Partea a treia și a patra, cu care se termină primul volum, cuprind un manual de contabilitate în partidă dublă și un tabel de monede și măsuri folosite în Italia, împrumutat din *Libro che tratta di mercanzie e usance di paesi* (Florența, 1481), lucrare anonimă, atribuită adesea lui Giorgio Chiarini.

Volumul al doilea al *Summei* tratează diverse probleme de geometrie metrică. Aproximativ o sută de chestiuni „foarte folositoare" sînt grupate într-un „Tratat particular asupra corpurilor regulate și ordinare". Majoritatea problemelor sînt rezolvate prin calcul și nu prin construcții geometrice. Totuși nu poate fi vorba despre o tratare algebrică, deoarece Pacioli studiază numai probleme particulare și nu depășește niciodată nivelul calculului.

În 1509 apare, la Veneția, o altă lucrare în trei părți a lui Pacioli, intitulată: *Divina proportione. Opera a tutti gl'ingegni perspicaci e curiosi necessaria...* A treia parte a acestei cărți plagiază un studiu (pe atunci inedit) al lui Piero della Francesca. În prima parte, de fapt singura care se ocupă de „proporția divină" (adică de „numărul de aur", respectiv sau împărțirea unei mărimi în medie și extremă), Pacioli elogiază această proporție în termeni grandilocvenți și justifică denumirea de „divină" prin considerații luate din filozofia lui Platon și din teologia creștină, apoi explică marele rol pe care ea îl joacă atît în alcătuirea universului, cît și în cea a corpului omenesc. Urmează o serie de propoziții referitoare la această proporție (împrumutate din opera lui Euclid), precum și o discuție asupra aplicării lor în arhitectură, tipografie, construcția poliedrelor regulate și semiregulate[6]. Cu această ocazie, Pacioli menționează

[6] O sinteză a cunoștințelor privind numărul de aur, sinteză care include multe rezultate originale privind aplicabilitatea numărului de aur în cele mai variate domenii ale cunoașterii, a fost dată, în secolul nostru, de savantul român Mathila C. Ghyka în cartea sa privind numărul de aur, publicată în Franța. Prin aceste cercetări, Mathila C. Ghyka se numără printre precursorii modelării matematice în disciplinele umanistice. — *M.S.*

numeroase colecţii de modele ale unor asemenea corpuri; de altfel a construit şi el însuşi o asemenea colecţie, în aprilie 1489. Pe celebrul portret al lui Pacioli, executat de Jacopo da Barbari (vezi supracoperta), figurează două dintre aceste modele (două poliedre, unul regulat, celălalt semiregulat). Pentru desenarea figurilor din tratatul său (cf. pl. 2), Pacioli obţine colaborarea lui Leonardo da Vinci.[7]

LEONARDO ŞI MATEMATICA. Opera lui Leonardo da Vinci, ca şi cea a prietenului său Luca Pacioli, datează de la sfîrşitul secolului al XV-lea şi începutul secolului al XVI-lea. Cel mai universal dintre toţi învăţaţii cunoscuţi, cel mai mare dintre „marii amatori" pentru a folosi frumoasa expresie a lui J.L. Coolidge, Leonardo da Vinci s-a ocupat de toate domeniile ştiinţei— geometrie şi mecanică, geologie şi geografie, biologie şi anatomie, botanică şi optică. Nimic nu a scăpat curiozităţii sale răscolitoare şi în fiecare dintre aceste domenii, gîndirea sa a marcat un pas înainte.

Leonardo da Vinci (1452—1519) nu a fost un produs al învăţămîntului universitar şi nici al culturii literare a umanismului italian. Şi dacă Pierre Duhem, în celebrele sale *Studii despre Leonardo da Vinci, despre cei pe care el i-a citit şi cei care l-au citit* (Paris, 1909—1913), ne-a prezentat un Leonardo erudit, pătruns de tradiţia ştiinţei medievale pe care a salvat-o de uitare, transmiţînd-o succesorilor săi din secolul al XVI-lea şi chiar din secolul al XVII-lea, erudiţia modernă aproape că nu a păstrat nimic din această imagine. Pentru aceasta, ca şi pentru contemporanii săi, Leonardo este un *uomo senza lettere*, adică om fără cultură clasică, care nu cunoaşte nici latina, nici greaca; un practician sau, în cel mai bun caz, un autodidact.

Contemporanii — atît cei ai lui Leonardo, cît şi ai noştri — au şi nu au dreptate. Nu au dreptate atunci cînd minimalizează cunoştinţele pe care tînărul Leonardo le-a cîştigat, desigur, la şcoala lui Andrea del Verrocchio, în al cărui atelier şi-a făcut ucenicia şi căruia îi datorează formaţia sa intelectuală: un mare atelier ca cel al lui Verrocchio, în care, în afara picturii propriu-zise, se învăţa arta topirii bronzului şi a cioplirii pietrelor, arta întocmirii releveelor şi a săpării canalelor, a construcţiei caselor şi a fortificării oraşelor, semăna mai mult cu şcolile noastre de „bele-arte" sau şcolile de „arte şi meserii" decît cu atelierul unui pictor modern. Practicarea tuturor acestor „arte" — chiar şi a

[7] Ar mai trebui să semnalăm şi traducerea latină a *Elementelor* lui Euclid, publicată de Pacioli în 1509, la Veneţia. Se ştie că o traducere din limba arabă a *Elementelor*, redactată de Campanus, a fost publicată în 1482. Bartolomeo Zamberti a criticat greşelile conţinute în ea şi terminologia barbară, iar în 1505 a publicat la Veneţia o nouă traducere, realizată pe baza unui manuscris grecesc. S-a crezut, în general, că numai enunţurile aparţin lui Euclid, pe cînd demonstraţiile din versiunea latină erau atribuite lui Campanus, iar cele din textul grec lui Theon; prestigiul lui Campanus era atît de mare, încît Pacioli, considerînd nesatisfăcătoare rigoarea matematică a traducerii lui Zamberti, o reeditează pe cea a lui Campanus, îndreptînd unele greşeli conţinute în ea. Confuzia, clasică pentru epoca sa, pe care o face între Euclid şi filozoful Euclid din Megara, va fi înlăturată abia în ediţia lui Commandino (1572). — *N.A.*

picturii, care implică cunoaşterea perspectivei — presupune un considerabil bagaj ştiinţific, în special matematic.

Ei au însă dreptate atunci cînd subliniază profilul practic şi chiar „meşteşugăresc" al educaţiei lui Leonardo: acest fapt explică, probabil, şi vocabularul său geometric concret. În adîncul spiritului său, Leonardo este un inginer, un constructor de maşini, nu un teoretician. Geometria sa este adesea geometria unui mecanician. Soluţiile pe care le caută sînt soluţii practice, apropiate de viaţă, realizabile cu ajutorul unor instrumente reale; ele nu sînt soluţii teoretice riguroase neaplicabile *in rerum natura*. Pentru Leonardo, ca şi pentru mulţi dintre contemporanii săi, ştiinţa nu este orientată spre contemplare, ci mai ales spre acţiune.

Un frumos exemplu al acestei atitudini „pragmatice" ni-l oferă studiile sale referitoare la construcţia — respectiv înscrierea într-un cerc — a poligoanelor regulate şi la cvadratura cercului. Înscrierea poligoanelor cu 3, 6, 8, 24 de laturi este o problemă uşoară, pe care Leonardo o rezolvă punînd condiţia fixării unei deschideri constante a compasului. Construcţiile cu compasul avînd o deschidere constantă pe care le găsim la Pappus şi de care s-a ocupat mult Abū 'l-Wafā vor deveni foarte populare în Italia în secolul al XVI-lea. Construirea unui pentagon şi a unui heptagon este mult mai grea, şi Leonardo se mulţumeşte, de astă dată, cu soluţii prin aproximaţie. Rectificarea şi cvadratura cercului se efectuează prin rostogolirea unui cerc sau a unui cilindru de-a lungul unei drepte sau pe un plan. Această soluţie denotă, bineînţeles, o necunoaştere totală a problemei teoretice, dar este perfect justificată din punct de vedere ingineresc[8].

Fără îndoială, Leonardo îşi datorează cunoştinţele matematice în cea mai mare parte lui Luca Pacioli, a cărui *Summa* şi-a procurat-o imediat după apariţie, şi cu care mai tîrziu a legat prietenie. Leonardo a cunoscut însă şi pe Albert de Saxonia, şi pe Jordanus Nemorarius, pe care îl citează adesea, şi pe Nicolaus Cusanus, a cărui influenţă asupra lui este incontestabilă. Pare puţin probabil ca Leonardo să fi studiat vreodată lucrările lui Arhimede. În schimb, pare sigură cunoaşterea indirectă a lui Arhimede prin Eutokios şi Giorgio Valla a cărui lucrare, *De expetendis et fugiendis rebus*, fără îndoială a folosit-o.

Este destul de curios faptul că, după cîte se pare, Leonardo nu s-a interesat niciodată de algebră. Poate că i s-a părut prea dificilă sau prea abstractă. În schimb este un geometru înnăscut şi darul său extraordinar de a vedea în spaţiu a compensat la el lipsa de cunoştinţe teoretice. Reflecţiile sale asupra conceptelor fundamentale ale geometriei sînt destul de interesante, cu toate că ele oglindesc influenţa tradiţiei aristotelice şi în acelaşi timp influenţa operei lui Nicolaus Cusanus.

Leonardo nu evită folosirea consideraţiilor infinitezimale (trecerea la limită); astfel, pentru a determina centrul de greutate al unui semicerc, el propune împărţirea lui „în atîtea piramide (triunghiuri), încît concavitatea bazei lor să devină

[8] Progresele realizate de algebra modernă au permis să se arate imposibilitatea construirii, numai cu ajutorul riglei şi al compasului, a unui pătrat de arie egală cu aceea a unui cerc dat. — *M.S.*

neglijabilă, practic o linie dreaptă". Ce-i drept, este un caz mai curînd excepțional. În general vorbind, metodele lui Leonardo sînt mai simple, mai directe și mai elementare. Astfel, el a ajuns la cea mai frumoasă descoperire a lui, aceea a centrului de greutate al piramidei, fără îndoială, pe baza unor considerații intuitive. Se pare că transpunînd în spațiu raționamentul relativ la centrul de greutate al triunghiului și trecînd prin intermediul tetraedrului regulat, el a putut determina poziția centrului de greutate al tetraedrului — la intersecția „axelor" lui (dreptele care unesc vîrfurile cu centrele de greutate ale fețelor opuse), arătînd că se află la un sfert de distanță de la bază; apoi a descoperit că dreptele care unesc mijlocul muchiilor opuse ale unui tetraedru se intersectează și ele în centrul său de greutate. În sfîrșit, el a generalizat descoperirea sa, afirmînd că centrul de greutate al unei piramide oarecare se află pe axa ei, la o pătrime a acesteia de bază.

Studiile lui Leonardo asupra transformării solidelor în alte solide „fără scăderea și creșterea materiei" se inspiră din lucrarea lui Nicolaus Cusanus (scrisă pe la 1450) *De transmutationibus geometricis*, dar el folosește, pentru rezolvarea problemelor respective (contopirea mai multor cuburi în unul singur, transformarea unui cub într-o prismă dreaptă și invers), probleme care duc la inserarea a două medii proporționale între două mărimi date, metode învățate de la Valla. Leonardo se ocupă, totodată, și de unele transformări originale, cum ar fi transformarea unui cub într-o piramidă.

El a manifestat un viu interes pentru lunulele lui Hipocrat. În afară de numeroase mențiuni referitoare la acest subiect pe care le găsim în *Carnetele* sale, el a încercat, în 1514, să le consacre un tratat, *De ludo geometrico*, care a rămas însă neterminat, ca și toate operele lui. Acest interes se explică, probabil, prin valoarea estetică a lunulelor, pe care Leonardo le combină în toate felurile imaginabile, asociindu-le cu alte figuri. Pe parcurs descoperă unele propoziții geometrice, fără îndoială destul de simple, dar pe atunci necunoscute, cel puțin în Occident. Astfel, el stabilește că suma lunulelor construite pe cele trei laturi ale unui triunghi dreptunghic oarecare este egală cu aria triunghiului.

Menționăm, în sfîrșit, soluția mecanică foarte ingenioasă (cu ajutorul unui compas special) dată unei probleme de optică, numită problema lui Alhazen (vezi vol. I, p. 485), care va fi rezolvată prin metode geometrice peste 150 de ani de către Huygens. Această soluție implică o cunoaștere destul de profundă — excepțională pentru acea epocă — a proprietăților conicelor.

B. SECOLUL AL XVI-LEA: DE LA ALGEBRA RETORICĂ LA ALGEBRA SINCOPATĂ

Interesul pe care-l suscită *Summa* lui Luca Pacioli decurge în special din valoarea ei reprezentativă și din rolul ei istoric. Dacă nivelul teoretic al acestei lucrări lasă de dorit și dacă unele erori de calcul îi scad din valoare, în schimb, ingeniozitatea autorului ei ca mînuitor al algebrei este remarcabilă. Pentru Pacioli, o problemă oricît de complicată ar fi ea, dacă poate fi redusă la o ecua-

ţie de gradul al doilea cu rădăcini reale şi *pozitive*, este o problemă rezolvată. Prin chiar acest fapt, Pacioli indică succesorilor săi sarcina —de a rezolva ecuaţiile de grad superior, sarcină a cărei îndeplinire va marca apogeul şi desăvîrşirea algebrei „sincopate" pe care a practicat-o el. În fapt, alături de această problemă, pentru învăţaţii care se ocupau de aritmetică şi de algebră în secolul al XVI-lea s-a pus şi cea a organizării şi a sistematizării cunoştinţelor dobîndite, adică a simplificării şi a unificării regulilor operatorii, precum şi a elaborării unei terminologii coerente şi a unei notaţii adecvate.

Lucru curios, în rezolvarea acestor două probleme, asistăm la o adevărată „diviziune a muncii": în timp ce în Germania, mai ales, se elaborează noua notaţie, Italia rămîne, *grosso modo*, credincioasă tradiţiei, dar realizează un progres hotărîtor în ştiinţa matematică.

UMANISMUL ŞI PREDAREA MATEMATICII. Cu aceste precizări, tendinţa generală a gîndirii ştiinţifice în prima jumătate a secolului al XVI-lea nu diferă mult de cea din secolul al XV-lea: este vorba de recucerirea ştiinţei medievale şi clasice şi de răspîndirea ei în pături din ce în ce mai largi ale populaţiei. Această mişcare, care se manifestă în tipărirea şi retipărirea operelor trecutului[9] şi în compunerea de manuale în latină şi în limba vulgară, se accelerează şi se amplifică; căci locul şi rolul matematicii în învăţămînt cresc neîncetat, la fel ca şi importanţa ei în conştiinţa omului cultivat al epocii şi în acea a practicianului care studiază matematica în scopuri utilitare.

Dacă predarea matematicii a făcut parte totdeauna din *Curriculum* la facultăţile de arte din universităţile medievale, nivelul ei nu a fost niciodată prea ridicat. Din punct de vedere universitar, marii matematicieni din secolul al XIII-lea şi din secolul al XIV-lea sînt nişte personalităţi izolate. În secolele XIV şi XV, predarea ştiinţelor matematice şi fizice se reducea la puţină aritmetică (algorism), puţină geometrie şi puţină astronomie. Într-adevăr, foarte puţin.

În a doua jumătate a secolului al XV-lea, Bologna şi Cracovia sînt aproape singurele universităţi în care studiul matematicii, ce-i drept în serviciul astro-

[9] Astfel, Euclid este editat în limba latină de mai multe ori, după diverse traduceri; în 1533 în greacă cu un *Comentariu* de Proclos; în 1543 şi 1575 în italiană; în 1564—1565 în franceză (primele nouă cărţi); în 1570 în engleză; s-a realizat chiar, în 1594, o ediţie arabă — toate acestea fără a mai socoti ediţiile parţiale ale primelor şase cărţi. Apollonios apare, în 1537, în latină — o traducere, ce-i drept, foarte mediocră; în schimb, în 1566, apare o traducere excelentă a lui Commandino. Arhimede este cu totul parţial editat de L. Gaurico în 1503; apoi, mai complet, de Tartaglia, care publică sub semnătura sa vechea traducere făcută de G. de Moerbeke, în 1543; în latină apare în 1544 în traducerea integrală a lui Jacopo de Cremona, editată de Venatorius în 1544, împreună cu ediţia princeps greacă, şi într-o traducere nouă, în 1558 editată de Commandino. În sfîrşit, Pappus, în 1588, completează seria operelor matematice. Cît despre *Almageste* a lui Ptolemeu, după ediţia din 1515 (traducere după versiunea arabă, executată de Gerardo din Cremona), a apărut traducerea lui Gheorghios de Trebizonda (revăzută de Luca Gaurico), direct pe baza textului grec (Veneţia, 1528), apoi ediţia princeps greacă îngrijită de Simon Grynaues (Basel, 1528); traducerile lui Gerardo din Cremona şi Gheorghios de Trebizonda au fost reeditate de mai multe ori în cursul secolului al XVI-lea. Nu mai vorbim de Theodosios, Menelaus, Eutokios, Heron şi alţii. — *N.A.*

nomiei sau al astrologiei, este organizat la un nivel înalt. Încă din 1460, Cracovia posedă două catedre distincte consacrate științelor matematice și astronomice (incluzînd și astrologia). Unul dintre cei mai eminenți reprezentanți ai acestei școli din Cracovia, Albert Brudzewski s-a numărat printre primii profesori ai lui Copernic. El își făcea prelegerile după *De coelo* al lui Aristotel, *Sphaera* lui Sacrobosco și *Theoricae novae planetarum* de Peurbach, dar preda în același timp matematicile pure: geometria și algebra.

Către sfîrșitul secolului al XV-lea și începutul secolului al XVI-lea situația se schimbă radical. O catedră de matematică pură se înființează în 1496 la Bologna pentru Scipione del Ferro; în 1500 găsim aici, de asemenea, două catedre de astronomie ocupate de Scipione de Mantua și de Domenico Maria da Novara. În 1494 se predă matematica la Tübingen; în 1510 de ea se ocupă un profesor „ordinar"; un „astronom" care nu predă decît știința sa — de fapt, astrologia — apare în 1494, la Universitatea din Ingolstadt; în 1524, titularul acestei discipline, Petrus Apianus, va deveni „profesor ordinar de astronomie". Universitatea din Wittenberg va avea o catedră de matematică din momentul întemeierii ei în 1502, iar în 1532 va apărea aici și o a doua catedră. Un alt centru de matematică se formează la Viena, unde au predat Peurbach și Regiomontanus. În 1501 împăratul Maximilian I înființează în acest oraș un *Collegium poetarum et mathematicorum*, care n-a avut decît o existență efemeră. Este totuși probabil că această inițiativă a contribuit la crearea pe lîngă Universitatea din Viena a două catedre de matematică și de astronomie. Vechile universități tradiționale din Heidelberg, Erfurt și Leipzig merg pe același drum, deși cu o oarecare întîrziere. Catedre de matematică se înființează, în 1532, la Colegiul Regal din Paris, și în 1544, la Universitatea din Coimbra.

Mișcarea se extinde și în învățămîntul secundar: sub influența conjugată a umanismului și a Reformei, și personal a lui Ph. Melanchthon și Willibald Pirckheimer, se înființează o catedră de matematică la Liceul din Nürnberg în 1526. Primul ei titular a fost Johann Schöner, care a publicat, în 1533, lucrarea lui Regiomontanus *De triangulis omnimodis*. Două dintre spiritele cele mai originale ale acestei epoci, Johann Werner și Albrecht Dürer fac parte din grupul care se formează în jurul lui Pirckheimer și al bibliotecii sale — unul dintre centrele deosebit de importante ale umanismului german[10].

1. Școala germană și reforma notațiilor

OPERA GEOMETRICĂ ȘI TRIGONOMETRICĂ A LUI JOHANN WERNER. Johann Werner (1468—1528), preot din Nürnberg, și-a început cariera științifică ca geograf și cartograf, ceea ce l-a făcut să se intereseze de matematică și în mod special de trigonometrie.

[10] Cu privire la dezvoltarea învățămîntului matematic pe teritoriul României și la manualele tipărite, vezi GH. ȘT. ANDONE, *Istoria matematicii în România*, vol. I, Ed. Științifică, și pp. 716—722 din volumul de față, în care se prezintă această dezvoltare în contextul social-cultural. — *V.S.*

În 1522, el a publicat la Nürnberg o culegere de lucrări matematice, printre care *Commentarium seu paraphrastica ennaratio in undecim modos conficiendi ejus problematis, quod cubi duplicato dicitur*, cum și *Libellus super vigintiduobus elementis conicis*. În aceasta din urmă — primul studiu original despre conice apărut în Occident — Werner nu se ocupă decît de parabolă și hiperbolă, fără să spună nici un cuvînt despre elipsă, probabil pentru că studiul lui despre conice trebuia să servească drept introducere în problema dublării volumului unui cub[11]. Conul este definit, în spiritul lui Apollonios, ca suprafața generată de o dreaptă care se sprijină pe o circumferință și trecînd printr-un punct fix situat în afara planului cercului. În schimb, conicele sînt tratate nu ca figuri plane, ci ca figuri trasate pe con și raportate la această suprafață. *Comentariul... problemelor privind dublarea cubului* este o traducere foarte liberă a *Comentariului* lui Eutokios completată cu note originale. Werner a alcătuit, de asemenea, un tratat de trigonometrie sferică intitulat *De triangulis per maximorum, circulorum segmenta constructis libri quinque*, pentru care a folosit lucrările lui Regiomontanus. Acest tratat conține marea sa descoperire, *prostafereza*, și metoda de calcul denumită *prostaferetică*, care se bazează pe următoarele egalități (în notații moderne):

$$\sin\alpha \sin\beta = \frac{1}{2}[\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)],$$

$$\cos\alpha \cos\beta = \frac{1}{2}[\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta)].$$

Această metodă, care permite înlocuirea înmulțirii prin adunare și scădere, a fost dezvoltată de Rheticus, de Tycho Brahe și de colaboratorii acestuia și a adus calculatorilor secolului al XVI-lea servicii analoge celor pe care ni le fac astăzi tabelele de logaritmi.

Tratatul lui Werner, care nu a fost editat, a trecut prin mîinile lui Georg Hartmann și, în 1542, prin acelea ale lui Rheticus, care s-a inspirat din el pentru propriile sale lucrări și a pregătit o ediție parțială a acestei lucrări (*De triangulis sphaericis*, Cracovia, 1557). Regăsit în 1901 în Biblioteca Vaticanului, manuscrisul lui Werner a făcut obiectul unei ediții critice, semnate de A. A. Björnbo.

DÜRER ȘI MATEMATICA. În mod cert, Albrecht Dürer (1471—1528) n-a fost un spirit de o atît de înaltă și vastă anvergură ca cel al lui Leonardo da Vinci. Totuși, ca matematician, el este cel puțin egal cu acesta și lucrarea sa *Underweysung der Messung mit dem Zircked und Richtscheyt...* (Îndrumător pentru măsurarea cu compasul și cu rigla, Nürnberg, 1525) ocupă un loc de cinste în literatura geometrică din secolul al XVI-lea.

Îndrumătorul nu este o carte teoretică: ea se adresează tehnicienilor, pictorilor, arhitecților, meseriașilor, inițiindu-i în construirea figurilor geometrice.

[11] Progresele realizate de alegbra modernă au permis să se arate imposibilitatea rezolvării acestei probleme prin folosirea exclusivă a riglei și compasului. — *M.S.*

Nu este însă o simplă culegere de precepte și de reguli, prezentînd procedeele artei sau ale practicii cu fundamentarea lor științifică. Astfel, preceptele și regulile ei sînt în fiecare caz însoțite de demonstrații, cartea fiind, prin asta, prima lucrare de știință aplicată destinată tehnicienilor. Datorită marii sale valori intelectuale, această carte, scrisă într-o limbă vulgară, a fost curînd tradusă în latină.

Prima dintre cele patru cărți ale *Îndrumătorului* este consacrată curbelor. Dürer, care este preocupat în mod deosebit de „spirale", probabil din motive estetice, expune construcția acestora cu ajutorul compasului. El studiază, de asemenea, alte linii mai complicate, printre care epicicloida și o concoidă, pe care el o numește *muschellinie* (cochilie), și care este generată prin alunecarea unei drepte date de-a lungul unui unghi drept, una dintre laturile căruia o intersectează într-un anumit punct. Conicele sînt construite prin puncte și, pentru a o realiza, Dürer folosește, la fel ca în cazul construirii elicelor, metoda proiecțiilor ortogonale duble. El apare astfel ca un precursor al geometriei descriptive a lui Monge.

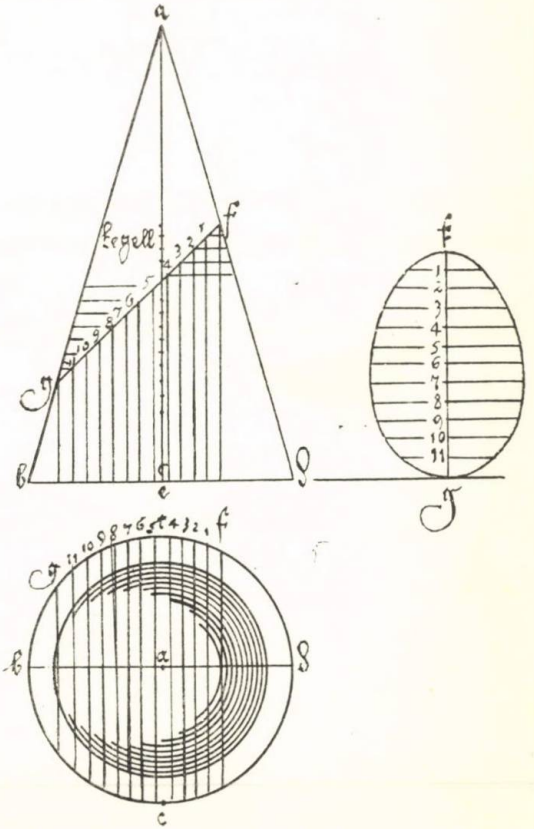


FIG. 1. „EPURA" UNEI SECȚIUNI ELIPTICE ÎNTR-UN CON DE REVOLUȚIE (A. DÜRER)

Cartea a II-a tratează construcţia poligoanelor regulate, între altele a heptagonului, a nonagonului şi a poligonului cu 15 laturi. În Cartea a IV-a, Dürer studiază corpurile regulate şi semiregulate într-o concepţie foarte ingenioasă, considerîndu-le ca suprafeţe şi desfăşurîndu-le pe un plan. *Îndrumătorul* se termină cu expunerea a două invenţii tehnice care permit ameliorarea metodelor lui Alberti. Amintim că Dürer a mai publicat două lucrări consacrate procedeelor de fortificaţie şi studiului proporţiilor corpului omenesc.

MARGARITA PHILOSOPHICA. Vom examina acum cîteva lucrări, destinate „omului de rînd" din secolul al XVI-lea, care, s-o spunem deschis, se mulţumea încă cu destul de puţin. Este adevărat că Giorgio Valla, care a tradus în limba latină o serie de lucrări ştiinţifice greceşti, consacră trei cărţi ale lucrării sale, *De expetendis et fugiendis rebus* (publicată postum, în 1501, la Veneţia), aritmeticii (bazîndu-se pe cea a lui Maximos Planudes), şi şase cărţi geometriei, pe care o dezvoltă, pentru prima dată, în Occident, pînă la capitolul secţiunilor conice şi prezintă, de asemenea, o traducere a comentariului lui Eutokios despre Arhimede şi a comentariului lui Simplicius despre lunulele lui Hipocrat. Dar opera sa rămîne totuşi o excepţie şi nu se bucură de succes. Mult mai caracteristică pentru epocă este, desigur, *Margarita Philosophica* a călugărului din ordinul Sf. Bruno, Gregorius Reisch (apărută în 1503, la Freiburg şi reeditată, în repetate rînduri, în secolul al XVI-lea cu adăugiri şi amendamente ale diverşilor editori). În paginile (circa treizeci pentru fiecare disciplină) pe care le consacră aritmeticii (teoretice şi practice) şi geometriei (de asemenea teoretice şi practice), Reisch nu ne oferă (cel puţin în părţile teoretice) decît nişte rezumate — de altfel excelente — ale manualelor clasice ale lui Boethius.

Deşi scrie în latină şi nu într-o limbă vulgară, şi se adresează oamenilor instruiţi, Reisch manifestă mult mai puţin interes pentru aspectele teoretice ale acestor ştiinţe decît pentru aplicaţiile lor practice. Aritmetica—pe care o duce pînă la regula de trei — este pentru el, prin excelenţă, ştiinţa sau arta calculului: calculul cu jetoane (pe linii), precum şi calculul „cu pana". Reisch expune ambele tipuri de calcul, pe cel de-al doilea sub forma sa obişnuită şi sub forma sexagesimală (necesară pentru computul bisericesc şi astronomie şi predată din această pricină în tot cursul secolului al XVI-lea). De asemenea, geometria este, prin excelenţă, arta măsurării, care în aplicaţiile sale practice poate să renunţe la precizia teoretică inaccesibilă. Această concepţie practică se revelează în tablourile alegorice de pe paginile de gardă ale cărţilor închinate diverselor ramuri ale matematicii. Astfel, printre obiectele care înconjură „geometria" şi simbolizează utilitatea acesteia, se găseşte un butoi deasupra căruia este pus un baston pentru măsurarea capacităţii. Arta de a măsura capacitatea butoaielor ocupă, într-adevăr, în Germania — printre aplicaţiile geometriei — un loc important, analog celui pe care-l ocupă calculul cu jetoane în aritmetica practică.

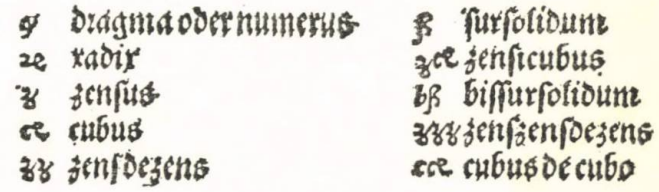
MANUALELE DE CALCUL ŞI EVOLUŢIA NOTAŢIILOR. CHRISTOPHER RUDOLFF. Lucrările matematice, foarte abundente în secolul al XVI-lea (cîteva sute de volume) constau în cea mai mare parte din manuale, care, fără a cuprinde desco-

periri importante, au jucat un rol considerabil în sistematizarea cunoștințelor dobîndite, în prezentarea și organizarea lor și, în mod cu totul special în Germania, în elaborarea notațiilor algebrice.

Dintre primele manuale de matematică în limba germană, datînd din secolul al XVI-lea, trebuie să menționăm cărțile lui Adam Riese, practician însărcinat cu predarea calculului (*Rechenmeister*) la Erfurt și Annaberg (1525), care a cunoscut o popularitate atît de mare, încît numele său a devenit sinonim cu noțiunea de calculator. Dîndu-și perfect seama de greutățile legate de învățarea artei complicate și subtile a mînuirii jetoanelor și cifrelor, Riese a acordat o atenție deosebită clarității expunerii. Manualul său de calcul cu jetoane (*Rechnung auff der Linihen...* 1518) a fost apoi încorporat de el în lucrarea *Rechnung auff der Linihen und Federn...* (Erfurt, 1522). În 1550, Riese publică un manual complet de aritmetică: *Rechnung nach der Länge auff den Linihen und Federn...*, în care se pronunță hotărît pentru calculul cu pana. Această aritmetică practică, cea mai bună din secolul al XVI-lea, a fost și cea mai răspîndită, cunoscînd treizeci și opt de ediții în cursul secolului.

Primul manual de algebră în limba germană a fost cartea lui Christopher Rudolff *Behend und hubsch Rechnung durch die kunstreichen Regeln Algebre so gemeinicklich die Coss genennt werden* (Strasbourg, 1525; reeditat de Stifel în 1553). Pentru a pregăti această lucrare, Rudolff s-a folosit de un manual al lui Riese rămas inedit, precum și de un manuscris datînd de la începutul secolului al XVI-lea,care constituie o dovadă că algebriștii epocii foloseau, în mod curent, semnele + și —. Dorind să simplifice și să sistematizeze moștenirea tradițională a algebrei, Rudolff obiectează împotriva complicației și multitudinii inutile a regulilor de algebră. El este, de asemenea, cît se poate de conștient de valoarea și de importanța folosirii unor semne adecvate pentru mărimile și

FIG. 2. SEMNELE ALGEBREI COSICE (CH. RUDOLFF)



operațiile algebrice. Totuși notația lui Rudolff nu comportă decît puține înnoiri: într-adevăr, el folosește termenii și notațiile „cosice" care au mai apărut pînă la el în cîteva variante în mai multe manuscrise germane, începînd cu ultima perioadă a secolului al XV-lea, notații formate pe baza primelor litere în caractere gotice (cf. fig. 2) ale denumirilor puterilor.

Mult mai revoluționar în notarea rădăcinilor, el renunță la litera R, preferînd semne speciale din care derivă notația noastră contemporană:

rădăcina pătrată: $\sqrt{}$; rădăcina cubică: $\sqrt{\sqrt{}}$; rădăcina de ordinul patru $\sqrt{\sqrt{}}$.

Stifel va căuta să îmbunătăţească această notaţie, desigur încă nesatisfăcătoare.

Manualul lui Petrus Apianus (Bienevitz sau Benewitz), *Eyn Newe und wolgegründte Underweisung aller Kauffmans Rechnung...* (Ingolstadt, 1527), este remarcabil, pe de o parte, prin faptul că autorul, asemenea lui Chuquet, şi probabil sub influenţa acestuia, îl consideră pe zero drept primul termen al progresiei aritmetice, pe care o pune în corespondenţă cu diverse progresii geometrice. El insistă asupra faptului că, pentru a înmulţi între ei termenii acestor serii, este suficient să adunăm exponenţii lor (termenii corespunzători ai seriei aritmetice) pe care el îi numeşte „signaturi", iar pe de altă parte, fapt care dă cărţii sale o anumită importanţă în istoria matematicii europene, Apianus tratează triunghiul aritmetic cunoscut sub numele de triunghiul lui Pascal, pe care chinezii şi arabii îl cunoşteau de mult, (vezi vol. I, p. 480 şi p. 538) dar pe care occidentalii îl ignoraseră pînă atunci. Interesul pe care îl manifesta pentru triunghiul aritmetic este subliniat de faptul că îl reproduce pe pagina de gardă a cărţii sale.

Înainte de a fi fost studiat mai sistematic de către Pascal (1654), triunghiul aritmetic a fost reprodus de numeroşi autori din secolele XVI şi XVII, printre care Stifel şi Scheubel în Germania, Peletier în Franţa, Tartaglia şi Bombelli în Italia, Oughtred în Anglia.

Opera ştiinţifică a lui Apianus este foarte variată. El a editat lucrarea *De ponderibus* a lui Jordanus Nemorarius (în 1533), lucrarea *Theoricae* a lui Peurbach (1534) şi *Optica* lui Witelo (1535). *Cosmografia* sa (Landshut, 1524), reeditată de Gemma Frisius în 1533, a fost de mai multe ori retipărită şi tradusă în cursul secolului al XVI-lea. Tratatul său de astronomie astrologică (*Astronomicum Caesareum*, Ingolstadt, 1540) este un admirabil infolio în care mecanismul mişcărilor planetare este reprezentat prin remarcabile figuri mobile. În 1533, Apianus a publicat primul tabel tipărit de sinusuri (pentru unghiurile de la 0 la 90°, din minut în minut, raza — *sinus totus* — fiind luată egală cu 10^5) pe baza manuscriselor lui Regiomontanus şi a tabelelor acestuia, publicate de Schöner în 1541. Lucrarea sa, *Instrumentbuch* (Ingolstadt, 1533; traducerea latină, 1534), conţine descrierea unui instrument destinat determinării mecanice a funcţiilor *sinus* şi *sinus versus* pentru unghiurile din primul cadran.

Gemma Frisius, profesor la Louvain (1508—1555), este cunoscut mai ales pentru că a propus printre primii determinarea longitudinii prin diferenţa timpilor locali şi pentru că a recomandat cel dintîi determinarea distanţelor dintre două puncte cu ajutorul unei autentice triangulaţii (1533). Pe timpul său însă a fost celebru, în primul rînd, ca autor al cărţii *Arithmeticae practicae methodus facilis* (Anvers, 1540), cel mai popular dintre manualele universitare din secolul al XVI-lea (au fost tipărite circa şaizeci de ediţii îna-

inte de 1600, și multe altele în secolul al XVII-lea). Contemporanii săi i-au admirat claritatea și simplitatea expunerii, mai ales în ceea ce privește dificila operație a extragerii rădăcinilor.

OPERA LUI STIFEL. Michael Stifel (1487? — 1567), autorul unei *Arithmetica integra* (Nürnberg, 1544), prefațată de Melanchthon, al unei *Deutsche arithmetica* (1545) și al unei reeditări completate și comentate a manualului *Coss* al lui Rudolff (1553—1554), este, alături de Johann Werner, unul dintre matematicienii germani cei mai talentați din secolul său. La el, tendința de simplificare și de sistematizare a teoriei și a notației, caracteristică pentru cosiștii și aritmeticienii germani ai epocii, își găsește expresia cea mai conștientă și mai pronunțată. Nefiind nici calculator de profesie, nici cadru universitar, Stifel, adept fanatic al lui Luther și timp de mulți ani rătăcitor predicator al Reformei, a fost atras, la început, de mistica numerelor. Prima sa lucrare, datînd din 1532, conține o prevestire, bazată pe interpretarea numerică a profețiilor lui Daniil, a datei și chiar a orei exacte a sfîrșitului lumii (în 1532). Eșecul acestei prevestiri și dojenile lui Luther l-au îndemnat, pentru un timp, să se ocupe de studiul matematicii pure, în special al manualului *Coss* al lui Rudolff și al lucrărilor lui Nicolaus Cusanus, Riese, Dürer și Cardano. De asemenea, și unele idei ale lui Chuquet au parvenit pînă la el.

Într-adevăr, ceea ce impresionează cel mai mult în *Arithmetica integra* din 1544 este importanța atribuită de Stifel studiului progresiilor (aritmetice și geometrice). Nu numai că le consacră un capitol întreg din lucrarea sa, dar el explică și repetă că stabilirea raportului dintre aceste două tipuri de progresii conține cheia întregii aritmetici și a întregii algebre. Ecouri ale acestei concepții a lui Chuquet se întîlnesc sporadic, în manualele de algebră. Dar nici unul dintre autori nu a avut curajul s-o dezvolte pînă la capăt și să extindă seria aritmetică în domeniul numerelor negative. Stifel o face fără ezitare, exponenții negativi corespunzînd exact exponenților pozitivi. Îi datorăm lui Stifel și termenul de exponent (*exponens*).

Cele două serii paralele iau astfel la el următorul aspect:

....	−3	−2	−1	0	1	2	3	4	5	...
...	1/8	1/4	1/2	1	2	4	8	16	32	...

și Stifel arată că cele două serii pot fi prelungite pînă la infinit.

Arithmetica integra tratează numerele raționale, numerele iraționale[12] și algebra propriu-zisă. Pentru extragerea rădăcinilor, Stifel folosește sistematic triunghiul aritmetic pe care-l calculează pînă la a 17-ea linie, precizînd că

[12] Însă conceptul riguros de număr irațional, așa cum este el cunoscut în matematica modernă, avea să fie degajat abia în secolul al XIX-lea, prin cercetările lui Cauchy, pe de o parte, ale lui Cantor și Dedekind, pe de altă parte. — *M.S.*

regula de formare ar permite prelungirea tabelului la infinit. Referindu-se la Euclid, el exprimă părerea că numerele iraționale nu sînt numere *adevărate*. Fără îndoială, ele reprezintă ceva real, dar sînt afectate de un anumit caracter nedefinit și deci nedeterminat, încît, asemenea numărului infinit, ele nu sînt numere veritabile. Transferînd această concepție asupra geometriei, Stifel, urmîndu-l pe Nicolaus Cusanus, face distincție între cercul matematic și cercul fizic, ale căror proprietăți sînt fundamental deosebite.

În Cartea a III-a, continuînd linia promovată de Rudolff și resimțind, poate, influența lui Cardano, el caută să reducă multitudinea regulilor cosice și să le înlocuiască printr-una singură, care poate fi rezumată în felul următor:

Pentru a rezolva o problemă dată, trebuie să se formeze o ecuație, să fie adusă la forma ei cea mai simplă (aceea în care termenul, conținînd necunoscuta la puterea cea mai mare, să se găsească de o parte, iar restul de cealaltă), să se împartă ecuația prin coeficientul termenului de gradul cel mai înalt și să se extragă rădăcina expresiei cu care este astfel egalată necunoscuta.

Simplitatea acestei reguli este desigur mai mult aparentă decît reală și formele tradiționale reapar în exemplele date. Într-adevăr, Stifel nu admite ecuațiile în care unii termeni pozitivi să fie egalați cu termeni prevăzuți cu semnul minus și înlătură chiar și rădăcinile negative ale ecuațiilor.

Această neacceptare este cu atît mai ciudată, cu cît în alte privințe, Stifel nu manifestă nici o prejudecată împotriva numerelor negative. Și totuși, pentru el acestea nu sînt numere *adevărate*, ci niște numere *absurde*, deoarece sînt imaginate (*figurate*) ca fiind mai mici decît zero (*nihil*).

Cartea se termină cu o serie de probleme grele, împrumutate adesea din *Practica arithmeticae* (1539) a lui Cardano, și care conduc uneori la ecuații de gradele al treilea și al patrulea. Stifel, care folosește peste tot semnele + și —, îl urmează pe Rudolff în ceea ce privește notarea puterilor. El adoptă semnul $\surd$ ca echivalent al simbolului R7, desemnîndu-l ca *rădăcină*, dar îi adaugă un semn cosic pentru a arăta indicele, Astfel: $\surd_{\gamma}$, $\surd_{\alpha}$, $\surd_{\gamma\gamma}$ au semnificațiile $\surd^{-}$, $\surd^{3-}$, $\surd^{4-}$. Se pare că Stifel a vrut să accentueze astfel corespondența dintre putere și rădăcină.

În *Deutsche arithmetica*, Stifel adoptă o notație apropiată de cea a lui Rudolff, dar, reeditînd manualul *Coss* al lui Rudolff, revine la notația proprie, pe care o simplifică în cazul rădăcinii pătrate, scriind, $\surd$ fără indice, notație care de atunci a rămas uzuală. Notația lui Stifel se răspîndește foarte repede atît în Germania, cît și în Franța, în Anglia și chiar în Italia.

În problemele în care apar mai multe necunoscute, Stifel le numește *radices secundae*, *tertiae* etc. și le desemnează prin literele A, B, C, repetate de un număr de ori corespunzător gradului, care este marcat și printr-o cifră.

Am ajuns astfel în pragul notației moderne și este de mirare că Stifel nu l-a depășit — mai ales dacă ne gîndim la corespondența stabilită de el între numere și puteri și la desemnarea necunoscutelor prin litere. Incapacitatea lui de a face pasul decisiv ne arată că pentru a trece de la notația „sincopată" la notația simbolică, trebuia învinsă o dificultate majoră; trebuia *să se abstragă operațiile de obiectele* cărora li se aplică sau la care se referă, făcîndu-le *subiecte proprii* ale gîndirii. Să nu ne mirăm deci că a fost nevoie de un Viète sau chiar de un Descartes pentru a realiza în mod conștient această abstracție.

2. Școala italiană și reînnoirea algebrei

MANUALELE. În această primă parte a secolului al XVI-lea, în cursul căreia matematicienii germani se străduiesc să simplifice regulile algebrei și să elaboreze un sistem de notații mai coerent și mai sistematic, producția italiană de lucrări matematice este relativ săracă. Se retipăresc manualul lui Pietro Borghi (3 ediții în secolul al XV-lea și 12 în secolul al XVI-lea) și *Summa* lui Pacioli. Printre manualele noi se pot menționa cele ale lui Girolamo și Gian Antonio Tagliente (*Opera che insegna a fare ogni ragione de mercantia*, Veneția, 1515; peste 30 de ediții în secolul al XVI-lea), al lui Francesco Feliciano da Lazesio (*Libro de abaco*, Veneția, 1517), și pe cel al lui Francesco Ghaligai (Florența, 1521).

De fapt, nici unul dintre aceste manuale nu aduce nimic nou. Lucrarea lui Ghaligai încearcă să reintroducă o notație algebrică bazată pe figuri geometrice — destul de incomodă — care nu se bucură de succes. Matematicienii italieni, au rămas, în fond, fideli sistemului lui Pacioli. De-abia cu Bombelli se va face un pas înainte.

OPERA ALGEBRICĂ A ȘCOLII ITALIENE. Totuși, după cum s-a mai spus, saltul care a ridicat știința occidentală la un nivel neatins nici de antici și nici de arabi, și care va asigura transformarea algebrei „sincopate" în algebra simbolică s-a produs în Italia, unde a apărut un șir întreg de matematicieni remarcabili, ca Scipione del Ferro, Tartaglia, Cardano, Ferrari și Bombelli, cărora transalpinii nu le-au putut opune pe nimeni pînă la Stevin și Viète. Acest progres hotărîtor constă în rezolvarea ecuațiilor de gradele al treilea și al patrulea de către del Ferro, Tartaglia, Cardano și Ferrari. Dacă astăzi ni se pare normal ca gîndirea matematică, o dată aflată în posesiunea rezolvării ecuațiilor de gradul al doilea, să se fi îndreptat spre căutarea soluțiilor pentru ecuațiile de grad superior, trebuie totuși remarcat că matematicianul de la începutul secolului al XVI-lea a avut nevoie de mult talent și curaj ca să se angajeze pe un drum pe care nu fusese precedat de nimeni și pe care, de aceea, avea motive să-l considere impracticabil.

CONFLICTUL LEGAT DE ECUAȚIILE DE GRADUL AL TREILEA ȘI PROTAGONIȘTII LUI. Istoria descoperirii metodei de rezolvare a ecuațiilor de gradul al treilea este celebră ca primă mare bătălie științifică, bătălie de altfel tot atît de penibilă și de sterilă ca și marile dispute pentru prioritate care au înveninat atmosfera Republicii literelor în secolele XVII și XVIII. În ciuda numeroaselor studii ce i-au fost consacrate, ea rămîne destul de misterioasă: documentele esențiale ne lipsesc, iar martorii eventuali — martori în propria lor cauză: Tartaglia, Cardano și Ferrari — sînt departe de a inspira o încredere absolută.

Despre primul protagonist al acestei drame, Scipione del Ferro (1465—1526), nu se știe decît că a fost profesor la Universitatea din Bologna între 1496 și 1526. Tartaglia a fost un năpăstuit de soartă. El s-a născut la Brescia, prin 1500. În 1512 a fost rănit la față în timpul prădării orașului său natal de către trupele lui Gaston de Foix. Mult timp rana și urmările ei l-au împiedicat să articuleze bine cuvintele. De aici și porecla de Tartaglia (bîlbîitul) care i-a rămas pentru toată viața. Nu a funcționat pe lîngă vreo universitate, dar a ținut prelegeri publice și particulare la Verona, Mantua și Veneția, unde s-a stabilit în 1534 și a murit în 1557.

Cu totul alta a fost viața lui Gerolamo Cardano. Personalitate strălucită, un adevărat fiu al Renașterii italiene, medic, filozof, astrolog, matematician și, într-o măsură oarecare, magician, scriitor prolific, el a confirmat mai mult decît oricare altul — după cum remarcă Gino Loria — adagiul lui Seneca; *nullum unquam magnum ingenium sine mixtura dementiae*. Născut la Pavia, în 1501, și-a făcut studiile la Pavia și la Padova, unde își ia titlul de medic. În această calitate își cîștigă un renume european. A predat succesiv la Milano, Pavia și Bologna, părăsind fiecare dintre catedrele sale în urma unor incidente, mai mult sau mai puțin dramatice. În 1571 se refugiază la Roma, unde papa îi alocă o pensie și unde moare în 1576.

Ludovico Ferrari, demn emul al lui Cardano, om frivol, cartofor, necredincios, a fost la început un „sclav" al acestuia (*famulus*), apoi discipolul lui. Născut în 1522, acest geniu matematic a găsit, la vîrsta de 23 de ani, soluția ecuațiilor de gradul al patrulea. La 21 de ani i se încredințează o catedră la Milano. Mai tîrziu este însărcinat cu lucrările cadastrale în ducatul Milano, post pe care-l părăsește pentru a pleca la Bologna. În acest oraș obține, în 1565, titlul de doctor și o catedră, și moare în același an, otrăvit, pe cît se pare, de sora sa.

PRIMELE DESCOPERIRI. La începutul secolului al XVI-lea, Scipione del Ferro găsește soluția uneia dintre formele ecuației de gradul al treilea, și anume $x^3 + ax = b$. El nu o publică însă și nu o comunică decît cîtorva discipoli, dintre care cel mai cunoscut este Anton Maria Fior, cerînd, fără îndoială, să păstreze secretul. În 1535, Fior l-a provocat pe Tartaglia la un turnir matematic, punîndu-i o serie de probleme care se reduceau la ecuația lui del Ferro. Tartaglia, preocupat de mai mulți ani de probleme analoge, care i-au fost puse de un oarecare Zuanne da Coi, a înțeles că se găsise o soluție a acestora. Printr-un efort supraomenesc, el reușește s-o descopere cu cîteva

zile înainte de închiderea concursului, găsind, în același timp, și rezolvarea ecuației $x^3 + ax^2 = b$, ceea ce i-a permis să obțină foarte ușor soluțiile celor treizeci de probleme puse. În schimb, Fior, după cum afirmă Tartaglia, n-a putut să rezolve nici una dintre problemele puse de acesta. Lucru curios, în loc să-și anunțe în mod public marea descoperire, Tartaglia o păstrează, la rîndul său, în taină. Lucrarea *Nova scientia*, pe care o publică în 1537, este într-adevăr, un tratat de balistică, și nu de algebră.

INTERVENȚIA LUI CARDANO. În acest moment Cardano intră în scenă. În 1538 el îi transmite lui Tartaglia vestea că pregătește un tratat de algebră și îl roagă să-i comunice „regula" sa, promițîndu-i să nu o publice decît alături de numele autorului. Tartaglia, bineînțeles, refuză.

Tratatul anunțat este *Practica artithmeticae* (Milano, 1539), lucrare de mai mică importanță, dar în care Cardano se manifestă ca un algebrist de o ingeniozitate fără seamăn. Menționăm felul său de a trata — foarte complet — progresiile aritmetice și geometrice și seriile de puteri. Mărimile și rădăcinile negative sînt recunoscute, pentru prima dată de la Chuquet, ca fiind îndreptățite. Cazul imaginar este declarat, pur și simplu, imposibil și *tunc questio ipsa est falsa*. Un capitol este consacrat problemei jocurilor, pentru care Cardano dă o soluție diferită de cea a lui Pacioli, dar de asemenea greșită. Notațiile sale, inspirate după cele ale lui Pacioli, dar mai complexe, sînt mînuite cu o dexteritate remarcabilă. Dar ceea ce stîrnește admirație este abilitatea de care dă dovadă în rezolvarea problemelor concrete: alegerea necunoscutei, punerea în ecuație, folosirea mărimilor auxiliare. În afară de aceasta, el studiază un număr de ecuații de gradul al treilea pe care le reduce la ecuații de gradul al doilea, completîndu-le și descompunîndu-le în factori.

Interesul pe care el îl manifestă pentru aceste ecuații explică primul demers, infructuos, pe lîngă Tartaglia. Fără să se descurajeze, el își reînnoiește tentativele, convingîndu-l pînă la urmă pe Tartaglia să-i comunice soluția sa, pe care o primește sub o formă versificată. Această soluție, cunoscută sub numele de formula lui Cardano, constă în rezolvarea ecuațiilor de forma $x^3 + px = q$, prin introducerea a două necunoscute auxiliare, u și v, în așa fel, încît $uv = (p/3)^3$, iar $u - v = q$, de unde rezultă că:

$$x = \sqrt[3]{u} - \sqrt[3]{v} = \sqrt[3]{\frac{q}{2} + \sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 - \left(\frac{p}{3}\right)^3}} - \sqrt[3]{\frac{q}{2} - \sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 - \left(\frac{p}{3}\right)^3}}.$$

O substituție de variabile analogă se aplică în cazul ecuației de forma $x^3 = px + q$.

În 1539, Tartaglia refuză să răspundă la noi întrebări care se referă, de data aceasta, la cazul zis „ireductibil", corespunzînd inegalității $\left(\frac{p}{3}\right)^3 > \left(\frac{q}{2}\right)^2$, care face expresia $\sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 - \left(\frac{p}{3}\right)^3}$ imposibilă (imaginară). Cardano va constata atunci că, în acest caz, ecuația admite totuși o soluție sau chiar trei soluții „adevărate".

ARS MAGNA. Considerînd, fără îndoială, că și-a împins teoria mult mai departe decît Tartaglia, Cardano, fără să-și prevină rivalul, publică lucrarea sa *Ars magna sive de regulis algebraicis, liber unus* (Nürnberg, 1545), în care expune, printre altele, soluțiile ecuațiilor de gradul al treilea, atribuind, de altfel, descoperirea lor lui Scipione del Ferro și lui Tartaglia. El enumeră toate formele posibile ale acestor ecuații, pe care le tratează pe baza unor exemple numerice prin metode adesea foarte apropiate de cele folosite de noi astăzi. Analizînd cîteva dintre aceste exemple, el arată că suma rădăcinilor este egală cu coeficientul termenului de gradul al doilea, iar produsul lor este egal cu termenul constant, inaugurînd astfel teoria modernă a ecuațiilor algebrice.

Menționăm, de asemenea, că pentru prima dată în Occident, Cardano se ocupă de rezolvarea, prin aproximație, a ecuațiilor numerice și că, deși refuză să admită numerele negative ca numere „adevărate", el nu ezită să efectueze un calcul cu rădăcinile numerelor negative (numerele noastre imaginare). Dacă el însuși nu exploatează faptul, extraordinar totuși, că numărul real apare pornind de la o imposibilitate, Bombelli, cu cîțiva ani mai tîrziu, va înțelege întreaga lui importanță.

Ars magna conține, de asemenea, expunerea descoperirilor lui Ferrari privind rezolvarea ecuațiilor de gradul al patrulea printr-o metodă devenită astăzi clasică.

Tartaglia răspunde, în anul următor, prin lucrarea sa *Quesiti et inventioni diverse* (Veneția, 1546), acuzîndu-l pe Cardano că n-a făcut decît să dea în vileag metodele pe care el i le dezvăluise, cu condiția să păstreze secretul asupra lor. Ferrari ripostează printr-un pamflet violent (*Cartello di sfida*, 1547), în care îl acuză pe Tartaglia că-l plagiase pe del Ferro și îl provoacă la o întrecere matematică. Urmează, în curînd, un contrapamflet al lui Tartaglia (*Risposta*), și tot așa se succed în total șase *Cartelli* și șase *Risposti*, fără alt folos în afară de confirmarea ingeniozității celor doi adversari în rezolvarea unor probleme foarte variate.

ULTIMELE PUBLICAȚII ALE LUI TARTAGLIA ȘI ALE LUI CARDANO. *Tratatul general despre numere și măsuri* (Veneția, 1556—1560), lucrarea postumă și neterminată a lui Tartaglia, este un op uriaș în șase părți, conceput după modelul *Summei* lui Pacioli, dar expus cu mai multă claritate. Autorul caută, în mod evident, să rivalizeze cu Cardano. Este de asemenea vizibilă influența lui Stifel. Triunghiul aritmetic este utilizat într-un calcul de analiză combinatorie și în căutarea rădăcinilor de ordin superior.

Cît despre Cardano, operele matematice pe care le-a publicat după *Ars magna* s-au bucurat de un succes mai mic, iar apariția, în 1572, a *Algebrei* lui Bombelli a făcut dintr-o dată ca ele să fie depășite. Menționăm totuși că în lucrarea lui Cardano *Ars magna arithmeticae* (data apariției nesigură) se găsește o primă anticipare a regulii semnelor rădăcinilor, dată de Descartes, iar *Opus novum de proportionibus* (1570) cuprinde o discuție asupra unghiului de contingență. În *De subtilitate* (Nürnberg, 1550; lucrare reeditată

ARS MAGNA. Considerînd, fără îndoială, că și-a împins teoria mult mai departe decît Tartaglia, Cardano, fără să-și prevină rivalul, publică lucrarea sa *Ars magna sive de regulis algebraicis, liber unus* (Nürnberg, 1545), în care expune, printre altele, soluțiile ecuațiilor de gradul al treilea, atribuind, de altfel, descoperirea lor lui Scipione del Ferro și lui Tartaglia. El enumeră toate formele posibile ale acestor ecuații, pe care le tratează pe baza unor exemple numerice prin metode adesea foarte apropiate de cele folosite de noi astăzi. Analizînd cîteva dintre aceste exemple, el arată că suma rădăcinilor este egală cu coeficientul termenului de gradul al doilea, iar produsul lor este egal cu termenul constant, inaugurînd astfel teoria modernă a ecuațiilor algebrice.

Menționăm, de asemenea, că pentru prima dată în Occident, Cardano se ocupă de rezolvarea, prin aproximație, a ecuațiilor numerice și că, deși refuză să admită numerele negative ca numere „adevărate", el nu ezită să efectueze un calcul cu rădăcinile numerelor negative (numerele noastre imaginare). Dacă el însuși nu exploatează faptul, extraordinar totuși, că numărul real apare pornind de la o imposibilitate, Bombelli, cu cîțiva ani mai tîrziu, va înțelege întreaga lui importanță.

Ars magna conține, de asemenea, expunerea descoperirilor lui Ferrari privind rezolvarea ecuațiilor de gradul al patrulea printr-o metodă devenită astăzi clasică.

Tartaglia răspunde, în anul următor, prin lucrarea sa *Quesiti et inventioni diverse* (Veneția, 1546), acuzîndu-l pe Cardano că n-a făcut decît să dea în vileag metodele pe care el i le dezvăluise, cu condiția să păstreze secretul asupra lor. Ferrari ripostează printr-un pamflet violent (*Cartello di sfida*, 1547), în care îl acuză pe Tartaglia că-l plagiase pe del Ferro și îl provoacă la o întrecere matematică. Urmează, în curînd, un contrapamflet al lui Tartaglia (*Risposta*), și tot așa se succed în total șase *Cartelli* și șase *Risposti*, fără alt folos în afară de confirmarea ingeniozității celor doi adversari în rezolvarea unor probleme foarte variate.

ULTIMELE PUBLICAȚII ALE LUI TARTAGLIA ȘI ALE LUI CARDANO. *Tratatul general despre numere și măsuri* (Veneția, 1556—1560), lucrarea postumă și neterminată a lui Tartaglia, este un op uriaș în șase părți, conceput după modelul *Summei* lui Pacioli, dar expus cu mai multă claritate. Autorul caută, în mod evident, să rivalizeze cu Cardano. Este de asemenea vizibilă influența lui Stifel. Triunghiul aritmetic este utilizat într-un calcul de analiză combinatorie și în căutarea rădăcinilor de ordin superior.

Cît despre Cardano, operele matematice pe care le-a publicat după *Ars magna* s-au bucurat de un succes mai mic, iar apariția, în 1572, a *Algebrei* lui Bombelli a făcut dintr-o dată ca ele să fie depășite. Menționăm totuși că în lucrarea lui Cardano *Ars magna arithmeticae* (data apariției nesigură) se găsește o primă anticipare a regulii semnelor rădăcinilor, dată de Descartes, iar *Opus novum de proportionibus* (1570) cuprinde o discuție asupra unghiului de contingență. În *De subtilitate* (Nürnberg, 1550; lucrare reeditată

și tradusă de mai multe ori), Cardano susţinuse punctul de vedere al lui Campanus, după care unghiul de contingenţă, mai mic decît orice unghi rectiliniu pare să constituie un exemplu de mărime infinit mică existentă în fapt și nu numai în posibilitate. Această concepţie greşită, combătută de Jacques Peletier, care în 1559 a afirmat, pe bună dreptate, că acest unghi este nul, a fost reluată de Cardano în tratatul menţionat. Semnalăm, în sfîrşit, un studiu postum, *De ludo aleae*, publicat în 1663 în *Opera omnia* ale lui Cardano (Lyon, 10 vol.), în care, inspirîndu-se din propria sa experienţă de jucător, el studiază jocul cu zaruri, probabilităţile relative ale diverselor combinaţii, contribuind astfel la elaborarea calculului probabilităţilor.

BOMBELLI ȘI ALGEBRA LUI. Cu Rafael Bombelli, algebra italiană atinge cea mai înaltă culme a sa. Ilustrul autor al *Algebrei* (*Algebra, parte maggiore dell'aritmetica, divisa in tre libri*) a fost primul și multă vreme singurul matematician care a avut îndrăzneala să accepte „existenţa" numerelor imaginare și să aducă astfel o oarecare lumină în „cazul ireductibil" al ecuaţiilor de gradul al treilea. De profesiune inginer hidrograf, originar din Bologna, el a redactat între 1557 și 1560 o primă variantă a lucrării sale, al cărei manuscris a fost regăsit și publicat de E. Bortolotti (1929). Ocupîndu-se de traducerea unui manuscris al *Aritmeticii* lui Diofant, el s-a pătruns de spiritul acestei lucrări, ceea ce se simte în varianta tipărită a *Algebrei* sale, care a apărut la Bologna, în 1572.

Algebra se împarte în trei părţi, dintre care prima este consacrată calculului puterilor și al rădăcinilor. În manuscrisul din 1560, rădăcinile sînt desemnate prin semnul obișnuit R7, gradul fiind indicat în exponent: R7^2, R7^3 pentru $\sqrt[2]{\ }$, $\sqrt[3]{\ }$. În varianta tipărită, Bombelli revine, din păcate, la abrevierile obișnuite: *R.q.* pentru $\sqrt{\ }$, *R.c.* pentru $\sqrt[3]{\ }$. Expresia din care se extrage rădăcina este încadrată fie între linii drepte (în manuscris), fie între semnele L și ⅃ echivalente cu parantezele noastre (în cartea imprimată):

R7^3 $\lfloor$ 52.*p*. R7 $\lfloor$ 0. *m*. 2209 $\rfloor$ $\rfloor$ corespunde expresiei $\sqrt[3]{52+\sqrt{0-2209}}$,

R.c. L 71.*p*.*R.q*.1088 ⅃ expresiei $\sqrt[3]{71+\sqrt{1088}}$.

Adunarea și scăderea sînt indicate prin literele *p* și *m*, înmulţirea prin cuvîntul *via*, rezultatul prin cuvîntul *fa*.

În afară de cîteva perfecţionări de detaliu, Bombelli face în algebră un pas înainte de o importanţă și de o valoare incalculabilă. Într-adevăr, referindu-se la „cazul ireductibil" al ecuaţiei de gradul al treilea, el hotărăște să opereze cu rădăcinile pătrate ale mărimilor negative, aplicînd regulile elaborate pentru calculul rădăcinilor numerelor pozitive. El consideră rădăcina unui număr negativ ca produsul rădăcinii valorii absolute a numărului prin rădăcina numărului -1 (adică a diferenţei $0-1$).

Notaţia R7 $\lfloor$ 0.*m*.1 $\rfloor$ sau *piu di meno*, prescurtată de Bombelli sub forma *p.di.m.*, corespunde numărului $\sqrt{0-1}$, pe care noi îl desemnăm prin *i*; iar *meno di meno* (*m.di.m*) corespunde numărului $-\sqrt{0-1}$, respectiv lui *-i*.

Regulile de calcul cu aceste entităţi matematice noi corespund celor aplicate de noi, numai că Bombelli scrie coeficientul după simboli *p.di.m.* $2 = 2i$. Fără îndoială, el a fost îndemnat la această inovaţie revoluţionară de unele texte ale lui Cardano şi Tartaglia, dar profunda originalitate a gîndirii lui Bombelli este demonstrată de faptul că după apariţia *Algebrei* care conţine teoria completă a ecuaţiilor de gradele I—IV se simte influenţa lui Diofant. De pildă, necunoscuta este numită *tanto* sau *quantità*; pătratul — *potenza* (δύναμις); „puterea", în sens general, este numită după exemplul lui Tartaglia *dignità*. Notarea puterilor, analogă celei folosite de Chuquet, este de tip exponenţial, dar fără prezenţa necunoscutei: mărimea ridicată la putere este indicată într-un semicerc situat deasupra coeficientului respectiv:

$\overset{3}{\smile}\ \overset{2}{\smile}$
$1.p.4.m.3.$ pentru $x^3 + 4x^2 - 3$.

Bombelli foloseşte regula înmulţirii puterilor prin adunarea exponenţilor, dar nu cunoaşte exponentul 0 şi exponenţii negativi, ceea ce constituie un pas înapoi faţă de Stifel. Calculele lui sînt îngreunate de faptul că nu desemnează niciodată necunoscuta printr-un simbol şi nici nu desemnează prin litere cantităţile cunoscute. Din această cauză este incapabil să scrie o formulă generală. O altă limitare a gîndirii sale este neînţelegerea semnificaţiei numărului negativ. El urmează tradiţia, cerînd ca toţi termenii să aibă o valoare sau un semn pozitiv. De aceea, el distinge consecvent cele trei formule clasice de ecuaţii de gradul al doilea şi cele şase forme trinoame ale ecuaţiei cubice:

$$x^3 + px = q; \qquad x^3 = px + q; \qquad x^3 + q = px$$
$$x^3 + px^2 = q; \qquad x^3 = px^2 + q; \qquad x^3 + q = px^2.$$

Primele trei forme sînt tratate după metoda lui Tartaglia, iar ultimele trei sînt reduse la primele trei prin introducerea unei necunoscute auxiliare $z = 1/x$. Folosirea numerelor imaginare îi permite rezolvarea „cazului ireductibil", iar ecuaţia completă, cu patru termeni, este redusă după exemplul lui Cardano, la forma trinomă cu ajutorul unei necunoscute auxiliare. Bombelli distinge 44 de forme de ecuaţii de gradul al patrulea, pe care le tratează după metodele lui Ferrari, reducînd în prealabil ecuaţia completă la o ecuaţie cu patru termeni (fără termenul în x^3).

Virtuozitatea lui Bombelli se manifestă în rezolvarea unor probleme aplicative, probleme prezentate într-o formă concretă în manuscris, dar într-o formă abstractă în lucrarea definitivă, unde sînt însoţite de exemple noi luate din Diofant. Semnalăm, în sfîrşit, că în Cartea a III-a este inclusă o încercare de tratare geometrică a problemelor algebrice.

MAUROLICO. În afară de aceşti mari algebrişti, Italia secolului al XVI-lea a cunoscut alţi cîţiva matematicieni de valoare, ca Maurolico, Benedetti, Commandino, la care putem adăuga pe Clavius. Acesta din urmă, deşi german prin naştere, a trăit şi a predat mai mult în Italia.

Francesco Maurolico (1494—1575) din Messina a fost unul dintre spiritele cele mai fecunde ale timpului său. Matematician, mecanician, optician, istoric, el a scris mult. Din păcate, o mare parte a operei sale n-a apărut decît după moartea lui, prea tîrziu pentru a putea influența dezvoltarea gîndirii științifice. Astfel, parafraza sa la Arhimede, tipărită încă în 1594, nu a apărut de fapt decît în 1685; traducerea sa din Apollonios (primele patru cărți ale originalului care s-au păstrat în limba greacă și o reconstituire a Cărții a V-a) a văzut lumina tiparului abia în 1654; lucrarea sa *Photismi de lumine et umbra*, operă cu totul originală, care anticipează într-un mod uimitor optica lui Kepler, n-a apărut decît în 1611, la Napoli, după publicarea cărții lui Kepler *Ad Vitellionem paralipomena*.

În timpul vieții sale Maurolico a publicat diverse lucrări printre care *Cosmographia* (Veneția, 1543), un tratat de gnomonică (*De Lineis horariis libri* III, 1553, reeditat în *Opuscula* din 1575) o culegere de traduceri din lucrări ale matematicienilor greci (*Sfericele* lui Theodosios și a lui Menelaus. *De sphaere mobili* de Autolicus, *De habitationibus* de Theodosios și *De phaenomenis* de Euclid, Messina, 1558). În 1575 au apărut la Viena *Opuscula mathematica* și *Arithmeticorum libri duo*. În *Gnomonica* sa, Maurolico arată că umbra proiectată de vîrful tijei gnomonului este totdeauna o conică, a cărei natură și speță variază în funcție de poziția planului de proiecție. Acest tratat conține un studiu de ansamblu al secțiunilor conice, în care, după exemplul lui Werner și contrar lui Apollonios, el tratează aceste curbe ca niște secțiuni plane ale conului. Semnalăm că *Opuscula* conține determinarea centrelor de greutate ale diverselor corpuri (piramidă, secțiuni sferice, paraboloid de revoluție) și o primă idee despre corespondența dintre vîrfurile și fețele unui poliedru regulat. În *Aritmetica* întîlnim folosirea sistematică a *literelor* în locul numerelor concrete și unul dintre primele exemple ale genului de raționament numit mai tîrziu *inducție matematică*.

BENEDETI — MATEMATICIAN. Giambattista Benedetti (1530—1590), filozof, matematician și inginer în serviciul ducelui de Savoia, a fost un geometru cu talent precoce. A publicat mai întîi un studiu *De resolutione omnium Euclidis problematum aliorumque... una tantummodo circuli data apertura* (Veneția, 1553), apoi un tratat de gnomonică (1574), în sfîrșit, în 1585, la Torino, lucrarea *Diversarum speculationum mathematicarum et physcarum liber*, cuprinzînd mai ales o critică a dinamicii lui Aristotel, dar și studii de aritmetică geometrică, de muzică, de perspectivă etc. Ecuațiile de gradul al doilea sînt tratate în această carte în spiritul geometriei antice; Benedetti arată, de asemenea, cum se construiește un patrulater inscriptibil, cînd sînt date cele patru laturi.

TRADUCERILE LUI COMMANDINO. Medic și matematician al ducelui de Urbino, Federigo Commandino (1509—1575) n-a fost un mare matematician și lucrarea sa despre centrele de greutate ale corpurilor, în care face uz de metodele infinitezimale ale lui Arhimede (Bologna, 1565), este inferioară

lucrării lui Maurolico. În schimb, a fost un admirabil și neobosit traducător al operelor matematicienilor greci: Arhimede (Veneția, 1558; Bologna, 1565), Apollonios împreună cu comentariile lui Pappus și Eutokios (Bologna, 1566), *Analemma* lui Ptolemeu (Roma, 1562), Aristarh din Samos (Pisa, 1572), Euclid în limba latină (Pisa, 1572) și în italiană (Pesaro, 1575); *Pneumatica* lui Heron (Urbino, 1575) și, în sfîrșit, *Colecția matematică* a lui Pappus (Pisa, 1588). În același timp, cu această rodnică activitate a lui Commandino, Xylander l-a tradus pe Diofant (Basel, 1575). Astfel, spre sfîrșitul secolului al XVI-lea, întreaga operă a matematicienilor greci, cu puține excepții, a devenit accesibilă cititorilor din Occident.

OPERA PEDAGOGICĂ A LUI CLAVIUS. Originar din Bamberg, Christoph Clavius (1537—1612), profesor de matematică care și-a cîștigat o faimă meritată la Colegiul Societății lui Iisus la Roma, a jucat un rol esențial în crearea calendarului gregorian. Lucrările sale, *Opera mathematica* (Mainz, 1612), curpind 5 volume in-folio. Excelenta sa traducere comentată a lui Euclid (1574) a devenit curînd ediția standard, considerată ca atare și în secolul al XVII-lea. Voluminoasele sale manuale de aritmetică, geometrie, algebră, gnomonică și astronomie, datorită calităților lor pedagogice și situației autorului lor, au fost adoptate de colegiile iezuite, astfel încît Clavius a devenit dascălul matematicienilor din Europa catolică. De pildă, Descartes a învățat algebra la Colegiul La Flèche după manualul lui Clavius, care popularizează notațiile lui Stifel.

3. Aportul altor școli

PRODUCȚIA MATEMATICĂ FRANCEZĂ. În secolul al XVI-lea, în afară de Germania și Italia, alte țări au adus o contribuție foarte mică la dezvoltarea matematicii. Pînă la Viète, ale cărui lucrări se răspîndesc de-abia în secolul următor, literatura matematică franceză rămîne dependentă de producția italiană și germană, pe care o urmează, în general, cu întîrziere.

Filozof, teolog și umanist, Jacques Lefèvre d'Etaples (Jacobus Faber Stapulensis; 1455? — 1536) publică ediții ale *Aritmeticii* lui Boethius (Paris, 1503), ale *Aritmeticii* lui Jordanus Nemorarius (1496), ale *Sferei* lui Sacrobosco (prima ediție în 1499, urmată de numeroase reeditări) și *Opera omnia* ale lui Nicolaus Cusanus (1514), foarte apreciat de el și de școala sa. În sfîrșit, în 1516, el publică o ediție a *Elementelor* lui Euclid, care include atît traducerea lui Campanus, cît și cea a lui Zamberti, precum și comentariile lui Hypsicles și ale lui Theon din Alexandria.

Discipolul său, Charles de Bouelles (Bovillus; 1470? — 1553) foarte cunoscut ca filozof și teolog, publică o *Introducere la geometrie* în limba latină (1503), un manual de geometrie practică în limba franceză (*Livre singulier et utile touchant l'art et la pratique de géometrie*, Paris, 1511, reeditat de mai multe ori fie în franceză, fie în versiune latină). Menționăm studiul său amănunțit asupra poligoanelor regulate și poligoanelor stelate; cît despre ciclo-

idă, a cărei descoperire i-a fost atribuită, el o confundă de fapt cu un arc de cerc și încearcă s-o folosească pentru rezolvarea problemei cvadraturii cercului, fiind inspirat, fără îndoială, de Nicolaus Cusanus.

La începutul secolului apar cîteva aritmetici comerciale. Acestea sînt scrise la un nivel destul de scăzut, cu excepția cărții *Larismethique...* a lui Étienne de la Roche (Lyon, 1520) care-și împrumută conținutul în același timp din *Triparty* a lui Chuquet, neglijînd însă marea descoperire a acestuia — folosirea exponentului 0 și a exponenților negativi — și din *Summa* lui Pacioli. Este un manual foarte bun pentru acea epocă; el a vehiculat unele concepții ale lui Chuquet și a sugerat — între alții lui Bombelli — ideea unei notații exponențiale.

Oronce Finé (1494—1555), primul titular al catedrei de matematică de la Colegiul Regal (înainte de 1532), s-a bucurat, la timpul său, de un mare renume. Opera sa este totuși de importanță secundară: a reeditat *Margarita philosophica*, *Theoricae novae planetarum* de Peurbach, ne-a lăsat o ediție greco-latină a primelor șase cărți ale lui Euclid, a publicat un curs elementar destul de complet de matematică pură și aplicată sub titlul *Protomathesis* (1530—1532), ale cărui capitole separate au fost de mai multe ori reeditate în limba latină sau în franceză etc. Finé a acordat o atenție deosebită calculului sexagesimal, construcției figurilor geometrice și transformărilor acestora. El a pretins că a găsit o soluție riguroasă a cvadraturii cercului (*De quadratura circuli*, Paris, 1544), cît și de altfel, soluții ale altor probleme celebre în antichitate (dublarea cubului, împărțirea unghiului în părți egale etc.) cu ajutorul așa-numitei proporții divine. (*De rebus mathematicis, hactenus desideratis*, Paris, 1556). Tentativa lui Finè de a rezolva cvadratura cercului a stîrnit numeroase critici, dintre care cele mai cunoscute au fost acelea ale lui Pedro Nuñez și ale lui Joannes Buteo.

Acesta din urmă, pe numele său adevărat Jean Borrel, pe de o parte a criticat violent tentativele lui Finé și ale lui Stifel de a rezolva problema cvadraturii cercului (*De quadratura circuli*, Lyon, 1559) iar pe de altă parte a propus o metodă destul de curioasă de dublare a volumului cubului prin aproximații succesive. El a încercat (*Logistica quae et arithmetica vulgo dicitur*, Lyon, 1559) să regeometrizeze notațiile și termionlogia algebrică: a înlocuit termenul *radix* prin *latus*, a desemnat necunoscuta (*res*) prin litera ρ, „pătratul" printr-un pătrat așezat cu un vîrf în jos etc. Egalitatea este desemnată printr-o paranzetă dreaptă [. Cînd ecuația conține mai multe necunoscute, Buteo, după exemplul lui Stifel, le notează prin litere majuscule.

Despre Jacques Peletier de Mans (Peletarius; 1517—1582) am amintit în legătură cu intervenția lui fericită în discuția cu privire la unghiul de contingență. Personaj curios, poet, filozof, matematician, el a editat operele lui Horațiu și a vrut să reformeze ortografia, a publicat o *Aritmetică*... (Poitiers, 1549; manual adesea reeditat) și o *Algebră*... (Lyon, 1554), care se întemeiau mai ales pe opera lui Cardano și a lui Stifel. De la acesta din urmă el împrumută triunghiul aritmetic, exponentul 0, cît și sistemul de notare a necunoscutelor (în probleme cu mai multe necunoscute) prin primele litere ale alfabetului. Peletier arată cum pot fi determinate rădăcinile ra-

ționale ale unei ecuații cu coeficienți raționali. Îi datorăm, de asemenea, o ediție a primelor șase cărți ale lui Euclid, însoțită de comentarii interesante (Lyon, 1557 în latină; traducere franceză, Geneva, 1611).

O altă ediție a lui Euclid o datorăm lui François de Foix-Candale, care a publicat cele cinsprezece cărți tradiționale (Paris, 1566), adăugînd trei cărți scrise de el, care tratează diversele tipuri de poliedre. Pierre Forcadel (? — 1574), care datorită intervenției lui Ramus a obținut catedra de matematică la Colegiul Regal, a publicat traduceri în limba franceză ale primelor nouă cărți ale lui Euclid (1564—1565), cît și diverse alte opere matematice și astronomice ale lui Arhimede, Proclos, Autolicos, Finé, Gemma Frisius etc. Tot el a scris o excelentă aritmetică, *Arithmeticque...* (1557—1558), în a cărei primă ediție folosește abrevierile uzuale, notația lui Chuquet pentru rădăcini, cît și semnele + și — la care a renunțat în edițiile ulterioare.

Menționăm lucrarea *Arithmetique... departie en trois livres ... avec l'art de calculer aux getons* a lui Jean Trenchant (1558; reeditată de mai multe ori), care conține între altele, un tratat de algebră, în care găsim notația „cosică", triunghiul aritmetic etc. Citățm, de asemenea, tratatul de algebră al lui Guillaume Gosselin (*De arte magna sive de occulta parte numerorum...* Paris, 1577) cît și traducerea franceză mult prescurtată a *Tratatului general* al lui Tartaglia (Paris, 1578).

RAMUS ȘI MATEMATICA. Întrucît studiul operei celui mai mare matematician francez al acestei epoci, François Viète (1540—1603), se leagă mai logic de secolul următor, ultimul autor francez demn de a fi menționat aici cel puțin ca propagator al matematicii — pe care a elogiat-o în mod strălucit, opunînd-o sterilității logicii și dialecticii scolastice — și ca istoric al matematicii — primele trei cărți din lucrarea sa *Scholarum mathematicorum libri* XXXI sînt consacrate istoriei matematicii — este Pierre de La Ramée sau Ramus (1515—1572: asasinat în timpul masacrului din noaptea Sfîntului Bartolomeu). Cunoscut mai ales ca umanist, filozof și polemist, Ramus a publicat o *Arithmetica* (Paris, 1555), care a cunoscut mai multe ediții și a fost tradusă în limba engleză, precum și diverse alte manuale de matematică, pe care le-a regrupat într-o lucrare unitară *Scholarum mathematicorum libri unus et triginta* (Basel, 1569). Menționăm comentariul său asupra numerelor negative, bazat pe opoziția logică dintre afirmație și negație. Două negații echivalează cu o afirmație, scrie el. Mai puțin fericită este intervenția lui Ramus în domeniul geometriei. Ostilitatea sa față de tradiția scolastică, care i-a adus atîta renume (el a declarat că tot ce a spus Aristotel este fals), și zelul său de a înlocui logica prin retorică l-au făcut să elaboreze un proiect de reconsiderare a operei lui Euclid pe care, din punct de vedere pedagogic, o aprecia ca fiind prea puțin conformă cu ordinea rațională a științelor și cu procesul natural al gîndirii. Aritmetica, scrie el, trebuie să fie predată înainte de geometrie. Axiomele nu trebuie să fie enunțate decît pe măsura apariției necesității lor etc. Ramus consideră că aritmetica practică a negustorilor din Saint-Denis este mult mai utilă decît demonstrațiile ultrasubtile din Cartea a X-a a *Elementelor* lui Euclid. Dacă aceste afirmații pot fi ad-

mise din punct de vedere pedagogic și pragmatic — care este punctul său de vedere — atitudinea lui apare ca profund retrogradă din punctul de vedere al științei și al progresului științific și filozofic.

ÎNCEPUTURILE ȘCOLII ENGLEZE. Anglia rămîne în urmă și mai mult decît Franța. Prima lucrare matematică publicată în această țară — *De arte supputandi libri quattuor* (Londra, 1522) de Cuthbert Tunstall, dedicată lui Thomas Morus, — este o aritmetică comercială de tip clasic, bazată pe izvoarele italiene, mai ales pe *Summa* lui Pacioli, pe care o urmează în ceea ce privește ordinea și prezentarea materialului. Scrisă în limba latină, ea nu cunoaște decît o slabă răspîndire în Anglia, dar este reeditată de șapte ori pe continent.

Robert Recorde (1510? — 1558), cel mai remarcabil matematician englez din secolul al XVI-lea, s-a bucurat de un succes mult mai mare datorită lucrărilor sale *The Grounde of Artes* (aproximativ 1540, 11 ediții în secolul al XVI-lea), *The Pathway to Knowledge* (1551) și mai ales manualului său de algebră, *The Whetstone of Witte* (1557), „a doua parte a aritmeticii". Această din urmă lucrare este prima carte în limba engleză care explică extragerea rădăcinilor, practica „cosică" bazată pe regula ecuațiilor, calculul cu numerele iraționale („surde") etc. Recorde folosește semnele — și + și, ceea ce este deosebit de important, le adaugă, pentru prima dată într-o lucrare imprimată, semnul egalității (=), folosit deja în cîteva manuscrise italiene din aceeași epocă. În rest, Racorde adoptă notația lui Stifel.

Menționăm, de asemenea, pe Leonard și Thomas Digges, autori ai mai multor tratate de matematică militară și de geometrie practică. În sfîrșit, notăm traducerea engleză a *Elementelor* lui Euclid, efectuată de sir Henry Billingsley și John Dee (1570). Acesta din urmă, împreună cu Commandino, a reconstituit, pe baza unei traduceri din arabă, lucrarea lui Euclid consacrată diviziunii figurilor (1570).

OPERA LUI NUÑEZ. În peninsula Iberică trebuie să semnalăm opera lui Pedro Nuñez (Nonius: 1502—1578), cosmograf regal, pentru care a fost înființată o catedră de matematică la Universitatea din Coimbra. Spirit inventiv și curios, Nonius a lăsat urme în numeroase domenii ale științei. Astfel, în lucrarea sa *Libro de algebra en arithmetica y geometria* (Anvers, 1564), el a încercat să determine cel mai mare divizor comun a două expresii algebrice în vederea rezolvării unor ecuații de grad superior. I se datorește rezolvarea problemei celui mai scurt crepuscul (*De crepusculis liber unus*, Lisabona, 1542) și inventarea unui *nonius*, aparat care permit măsurarea precisă a unghiurilor mici. Acest aparat, de o construcție prea delicată pentru acea epocă, nu s-a bucurat decît de un succes slab și a fost înlocuit în secolul următor de un aparat mai simplu, *vernierul*, inventat în 1631.

În al său *Tratado em defensam da carte de marear* — parte a lucrării *Tratado da sphera*, Lisabona, 1537, dezvoltat în versiune latină în *Opera* (Basel, 1566), apoi în *De arte atque ratione navigandi* (Coimbra, 1573) — Nonius, contrar opiniei generale a navigatorilor, a arătat că drumul cel mai scurt dintre două puncte ale suprafeței Pămîntului este un arc de cerc mare și nu

curba care taie meridianele sub un unghi constant. El a studiat atent această din urmă curbă pe care o numește *rumbus* și care va juca un rol important în istoria matematicii din secolul al XVII-lea sub numele de „loxodromie", pe care i l-a dat Snellius în 1605.

SIMON STEVIN. În știința italiană, ultimii ani ai secolului al XVI-lea marchează o perioadă de relativă stagnare. Centrul gîndirii științifice se deplasează spre nord. Simon Stevin (1548—1620) este succesorul autentic al lui Bombelli, cît și al lui Benedetti.

Ca și aceștia, el a fost în același timp teoretician și om de acțiune. Contabil, constructor de mori, de ecluze și de fortificații, el s-a ocupat în permanență de probleme practice. În tinerețe a lucrat în calitate de casier și contabil la o firmă comercială din Anvers, apoi, în 1577, după o călătorie lungă în țările nordice, intră în administrația spaniolă din orașul său natal. Părăsește apoi Țările de Jos spaniole. În 1581 îl găsim la Leiden, unde în 1583 este înscris ca student în litere la universitate. Mai tîrziu intră ca inginer militar, apoi ca inspector al digurilor în serviciul Statelor Olandei. În 1593, la recomandarea lui Mauriciu de Nassau, al cărui profesor de matematici și prieten a fost, este numit intendent al armatelor Țărilor de Jos. În 1600 organizează predarea matematicii în limba flamandă la Școala de ingineri din Leiden. Moare la Haga în 1620.

PRIMELE PUBLICAȚII. Prima sa lucrare (*Tafelen van interest*, Anvers, 1582) este totodată primul mare tabel de dobînzi care a văzut lumina tiparului. Ea reflectă preocupările practice ale lui Stevin. El arată că divulgă aceste tabele păstrate pînă atunci în secret „pentru utilitatea comunității". Folosește metodele de calcul expuse de Jean Trenchant în *Arithmetica* sa și-l omagiază pe autorul acestor metode. În lucrarea sa, *Carte de conturi a prințului după tip italian* (Leiden, 1608), el dezvoltă metodele de contabilitate în partidă dublă, pe care le recomandă spre folosire în finanțele publice.

În schimb, *Problemele geometrice* (*Problematum geometricarum... libri V*, Anvers, 1583) este o lucrare pur teoretică, iar Stevin apare aici ca un geometru desăvîrșit. Găsim în această carte, între altele, un studiu foarte avansat al poliedrelor regulate și semiregulate inscriptibile într-o sferă. Ca și Dürer, Stevin „desfășoară" suprafețele acestor corpuri pentru a le transpune pe plan. El face remarca, pe care o va aprofunda mai tîrziu, cu privire la „marea analogie" și „corespondența evidentă" dintre cantitatea continuă și cantitatea discontinuă.

În 1585, Stevin a publicat la Leiden o culegere intitulată *Aritmetica lui Simon Stevin din Bruges*, care are două părți: o lucrare teoretică cuprinzînd un mare tratat de aritmetică și de algebră și o parafrază a *Algebrei* (sic) lui Diofant (după ediția lui Xylander; este interesant să notăm aici influența marelui matematician grec atît asupra lui Bombelli, cît și asupra lui Stevin), o colecție de studii (*Practica aritmeticii*), cuprinzînd între altele, traducerea franceză a lucrării *Tafelen van interest* din 1582, *Disma*, asupra căreia vom mai reveni și un comentariu asupra teoriei mărimilor incomensurabile după

Cartea a X-a a *Elementelor* lui Euclid. *Aritmetica*, care a fost reeditată de Albert Girard în 1625, apoi din nou în 1634 în *Operele matematice*, ocupă un loc important în istoria gîndirii matematice. Stevin realizează în această lucrare o sistematizare și o simplificare a aritmeticii și a algebrei, care depășesc cu mult tot ce se făcuse în acest sens înaintea lui. În afară de aceasta, el introduce două inovații de o importanță capitală: folosirea sistematică a fracțiilor zecimale și o nouă concepție asupra numărului, care permite să se facă algebra autonomă față de geometrie și, în același timp, să se strîngă legăturile care unesc aceste două științe.

FRACȚIILE ZECIMALE. Concepută cu scop practic, introducerea fracțiilor zecimale s-a făcut într-un mic tratat inclus în *Aritmetica* (pp. 132—160 ale *Practicii aritmeticii*): *Disma care învață cum să se efectueze cu numere întregi fără a le rupe toate socotelile care se întîlnesc în afacerile Oamenilor* (editată anterior în flamandă, sub titlul *De Thiende*, în același an, 1585). Stevin n-a „inventat", desigur, fracțiile zecimale; ele au fost folosite înaintea lui de Emmanuel Bonfils de Tarascon (pe la 1350), de Regiomontanus (în 1463, lucrare publicată în 1541), de Rudolff (în 1525) și de Elie Misrahi (în 1532); în sfîrșit, cu cîțiva ani mai înainte, de Viète (1579). Dar în afară de marele matematician arab Jamshid al-Kash, ale cărui lucrări (întocmite în 1427) nu erau cunoscute în Occident (v. vol. I, p. 479 și p. 616), nimeni, înainte de Stevin, nu a avut ideea de a substitui fracțiile ordinare prin fracții zecimale și n-a elaborat un sistem de notații care să permită unificarea domeniului de aplicare a regulilor aritmetice, reținînd numai pe acelea care se aplică numărului întreg. Din păcate, această notație este greoaie și incomodă; ea este identică cu cea imitată de Bombelli și folosită în algebră de Stevin pentru puterile necunoscute. Simbolurile ⓪, ①, ②, ③ etc. desemnează exponenții seriei $(1/10)^0$, $(1/10)^1$, $(1/10)^2$, $(1/10)^3$ etc. concepută, probabil, după modelul seriei fracțiilor sexagesimale $(1/60)^1$ sau $1'$, $(1/60)^2$ sau $1''$ etc. Numărul 15,378 se scrie deci: 1 ⓪ 3 ① 7 ② 8 ③ numerele încercuite desemnînd exponentul puterii respective a fracției 1/10.

Este destul de surprinzător să constatăm că Stevin nu și-a dat seama de inutilitatea acestor „exponenți" și de faptul că este suficient să separăm într-un fel oarecare seria de unități de seria fracțiilor. După șapte ani, G.A. Magini va observa acest lucru și în lucrarea sa, *De planis triangulis* (Veneția, 1592), va scrie 15.378. La fel va face Clavius, în lucrarea sa *Astrolabium*, în 1593.

Folosirea fracțiilor zecimale, debarasate de notația lui Stevin, se va răspîndi destul de repede. Notația actuală, respectiv folosirea unui punct sau a unei virgule pentru despărțirea părții întregi de partea zecimală, va fi popularizată de Neper în *Rabdologia* sa (1617) și în lucrarea sa postumă *Construction* (1619), apoi de autorii care i-au urmat ai unor tabele de logaritmi. Introducerea aproape imediată a logaritmilor cu baza 10 a marcat de altfel, în acel moment, o nouă extindere a sistemului zecimal. În schimb, o altă propunere conținută în *Disme*, și anume aceea de a unifica, pe baza sistemului zecimal, greutățile, măsurile și monedele, va aștepta două secole

înainte de a fi luată în considerare. Se știe, de altfel, că nici astăzi ea nu a fost încă pretutindeni adoptată.

UNIFICAREA NOȚIUNII DE NUMĂR. A doua mare inovație a lui Stevin este unificarea noțiunii de număr. După el, marea eroare a matematicienilor care l-au precedat, cu excepția lui Diofant, este nerecunoașterea faptului că „unitatea este un număr" de aceeași natură și tot atît de divizibil ca și altele și transformarea unității în „principiul" numerelor. În realitate, principiul numerelor nu este unitatea, ci zero. Acesta corespunde punctului, principiu al mărimii continue. De aceea, unei mărimi continue îi corespunde un număr continuu, care se bucură de aceleași proprietăți operatorii ca și numărul rațional: „orice rădăcină este număr". Stevin se ridică, de asemenea, împotriva acelora care califică numerele de tipul $\sqrt{2}$ sau $\sqrt{8}$ ca fiind „absurde, iraționale, neregulate, inexplicabile sau surde". Asemenea numere sînt doar incomensurabile, „dar a fi incomensurabil nu înseamnă a fi absurd". Această unificare a noțiunii de număr are o importanță capitală, întrucît ea deschide calea dezvoltării algebrei și a geometriei analitice.

OPERA ALGEBRICĂ A LUI STEVIN. Notațiile algebrice ale lui Stevin derivă din cele ale lui Stifel și ale lui Bombelli. Puterile sînt desemnate prin indici încercuiți și figurați alături de coeficient, în timp ce necunoscuta nu este exprimată: 2 ① corespunde notației actuale $2x$, 3 ④ notației $3x^4$. Deși admite, în principiu, exponenții fracționari, Stevin preferă totuși să folosească semne convenționale inspirate, parțial, din notațiile lui Rudolff, deși uneori se deosebesc destul de net de acestea.

Adunarea, scăderea, înmulțirea și împărțirea sînt desemnate respectiv prin $+$, $-$, M, D. Pentru monom și polinom Stevin folosește termenii *nom* și *multinomie*.

Printre problemele particulare de care se ocupă, și pe care le rezolvă complet, semnalăm găsirea celui mai mare divizor comun a două polinoame (problemă de care s-a mai ocupat Nuñez). Dar cel mai mare merit al lui Stevin ca algebrist este, fără îndoială, reducerea și unificarea regulilor de rezolvare a ecuațiilor algebrice sau, pentru a folosi terminologia lui, a „regulilor de trei ale cantităților".

Astfel, pentru ecuația de gradul al doilea, el scrie:

„Fiind dați trei termeni, dintre care primul ②, al doilea ① ⓪, iar al treilea un număr algebric oarecare, să găsim al patrulea termen proporțional", adică, fiind dată ecuația $x^2 = ax + n$, să găsim valoarea lui x.

Examinînd ecuația de gradul al doilea sub trei forme pe care le considerau fundamentale și ireductibile, algebriștii dinaintea lui Stevin nu au reușit să formuleze o regulă unică pentru rezolvarea lor. Stevin însă scrie:

„Binomul din termenul al doilea dat în această problemă poate fi întîlnit în trei diferențe, și anume: ① + ⓪ = $[ax + n]$, − ① + ⓪ = $[-ax + n]$, ① − ⓪ = $[ax - n]$. Alții au dat trei soluții diferite pentru aceste trei cazuri. Noi însă vom arăta un singur procedeu, care, fără să schimbe ceva, este valabil pentru toate cazurile".

Stevin ajunge la acest rezultat pe care nu l-au obținut Stifel, Cardano și Peletier tocmai pentru că admite caracterul pe deplin legitim al numărului

negativ. În consecință, el nu numai că acceptă fără obiecții soluțiile negative ale ecuațiilor de care se ocupă, dar, pentru prima dată în istoria algebrei, echivalează *scăderea unui număr pozitiv* cu *adunarea unui număr negativ*. În felul acesta, cele trei forme ale ecuației se reduc la una singură. Stevin aplică o tehnică asemănătoare ecuațiilor de gradele trei și patru. Din păcate, faptul că respinge numerele imaginare, nu-i permite să obțină în acest domeniu aceleași succese pe care le-a repurtat în teoria ecuațiilor de gradul al doilea.

ULTIMELE CĂRȚI ALE LUI STEVIN. După publicarea *Aritmeticii*, Stevin pare să fi abandonat matematica pură pentru a se consacra mai întîi fizicii, iar apoi practicii. Publică totuși în 1594 un scurt *Apendice algebric*, expunînd o metodă generală de rezolvare prin aproximație a ecuațiilor.

Încă din 1585, Stevin susținuse teza că limba flamandă este deosebit de potrivită pentru studiul științelor (*Dialectike...*); de aceea el și-a publicat în această limbă cele trei cărți de mecanică ale sale (1586), tratatul său de fortificații (1594) etc., lucrări pe care le înmănunchează, împreună cu alte opere scrise din îndemnul lui Mauriciu de Nassau, într-o mare culegere cuprinzînd, în afară de dinamică, întreaga știință matematică și fizică (teorie și practică) a epocii sale sub titlul *Wisconstige gedachtenissen* (5 volume, Leiden, 1608). Această culegere a fost editată în limba latină în același an de Willebrord Snell (*Hypomnemata mathematica*) și parțial tradusă în limba franceză de Jean Tuning (*Memoires mathematiques...* 1608). În 1634 Albert Girard o publică din nou la Leiden la Elzevier, în ediția sa a *Operelor matematice* ale lui Stevin. Deși lucrările incluse în această culegere au fost publicate în secolul al XVII-lea, prin conținut ele aparțin secolului precedent.

Cu Simon Stevin algebra Renașterii atinge punctul extrem și final al dezvoltării sale. Este cazul deci să aruncăm o privire de ansamblu asupra etapei parcurse pentru a încerca să determinăm structura ei esențială.

Într-un timp foarte scurt, algebra Renașterii a îmbogățit prodigios cunoașterea algebrică. Ea a elaborat totodată o notație foarte compactă și de loc incomodă, cu siguranță mai compactă și mai comodă decît, de exemplu, cea a lui Viète. Ea a fost însă incapabilă să se ridice pînă la noțiunea abstractă de *operație algebrică* și să facă din această noțiune centrul reflecțiilor sale.

Lucru curios: nimic nu pare mai simplu decît noțiunea de operație (algebrică sau aritmetică), și manualele medievale și moderne de *algorism* ne prezintă liste întregi ale acestor operații, recomandînd reguli care trebuie urmate pentru a efectua o înmulțire sau o împărțire, pentru a extrage o rădăcină sau a rezolva o ecuație. Și totuși, în pofida folosirii sporadice a simbolurilor (literelor), încă în opera lui Aristotel (în logică), a lui Leonardo da Pisa și a lui Jordanus Nemorarius (în teoria proporțiilor,) operația și obiectul („lucrul") asupra căruia se operează par să formeze o unitate atît de indisolubilă, încît gîndirea nu reușește să le disocieze și să le separe. *Res*, *radix*, *census* desemnează necunoscuta, rădăcina, pătratul, dar rădăcina nu este concepută cu adevărat ca rădăcina *obiectului*, deși din el se extrage, și nici pătratul nu este conceput ca pătrat al *obiectului*, cu toate că el este cel ridicat la pătrat; ele sînt, ca să zicem așa, rădăcină și pătrat de sine stătătoare. Tocmai de

aceea și nu pentru că se operează în general cu o singură necunoscută, aceasta (x-ul nostru) nu este niciodată exprimată ca atare.

În consecință, algebra Renașterii nu ne oferă niciodată *formule*, ci ne dă *reguli*, urmate de *exemple*. La fel cum se procedează în gramatică, care ne dă *reguli* pe care trebuie să le urmăm și exemple cărora trebuie să ne conformăm, declinînd substantivele și conjugînd verbele. Bine alese și bine clasificate, aceste exemple — în aritmetică și în algebră, ca și în gramatică — devin paradigme. Acestea nu se transformă însă niciodată în formule. Gîndirea aritmeticianului și algebristului din epoca Renașterii rămîne la nivelul gîndirii gramaticianului. Ea este semiconcretă: urmăm regula generală, dar operăm cu cazuri — cuvinte sau numere — concrete.

Iată de ce notația specială a necunoscutei în expresiile algebrice, introdusă de Viète și perfecționată de Descartes marchează o etapă decisivă nu numai în istoria notației, ci și în istoria întregii gîndiri algebrice. Ea reflectă trecerea de la gradul de abstractizare caracteristic gramaticianului la acela al logicianului pur. Prin acest fapt însăși abrevierea devine un simbol și *logistica numerosa*, pentru a folosi expresia lui Viète, se ridică la nivelul de *logistica speciosa*.

CAPITOLUL II
Revoluţia copernicană

A. ASTRONOMIA UMANIŞTILOR

COSMOLOGIA LUI NICOLAUS CUSANUS. În istoria gîndirii cosmologice, opera lui Nicolaus Cusanus ocupă un loc de primă importanţă. Într-adevăr, pentru prima dată, concepţia clasică a unei lumi închise şi ierarhic ordonate, care a dominat gîndirea umană timp de aproape două mii de ani, a fost atacată în favoarea concepţiei unei lumi deschise şi dacă nu infinite, cel puţin nelimitate şi cu o întindere nedefinită, a unei lumi „al cărei centru se află pretutindeni, iar circumferinţa nicăieri". Sfărîmînd sferele cereşti care încercuiau lumea şi-i determinau fiinţa şi structura, respingînd existenţa unui centru al lumii ocupat de Pămînt — locul cel mai „jos", ocupat de corpul cel mai „josnic" — Nicolaus Cusanus suprimă împărţirea universului într-o regiune „sublunară" şi una „cerească". Universul este unic, diversificat şi asemănător sieşi, animat pretutindeni de mişcare şi viaţă. În felul acesta, Pămîntul este oarecum înălţat în cer, promovat la rangul stelelor. Pămîntul nu este cloaca universului, ci este „o stea nobilă", proclamă Nicolaus Cusanus. Ca şi stelele, el posedă o lumină proprie şi o mişcare.

Originalitatea şi profunzimea concepţiilor pe care lucrarea lui Nicolaus Cusanus *Docta ignorantia* (1440) o opune „ştiinţei" prezumţioase a astronomilor şi a filozofilor sînt extraordinare: cu o îndrăzneală fără seamăn, autorul neagă existenţa direcţiilor şi chiar şi a locurilor privilegiate în spaţiu. Noţiunile de „sus" şi de „jos" pierd orice sens obiectiv, ele sînt noţiuni prin excelenţă relative. Un observator situat la polul sferei cereşti ar vedea Pămîntul *deasupra* lui, la zenit, şi oriunde ar fi plasat acest observator — în Soare, pe orice planetă, el ar vedea lumea învîrtindu-se în jurul său, şi prin urmare, s-ar crede în centrul ei. Căci mişcarea însăşi nu este în nici un caz absolută şi nu este percepută decît în raport cu un lucru imobil.

Distrugerea vechii reprezentări despre cosmos era o condiţie prealabilă a revoluţiei ştiinţifice din secolul al XVII-lea. Din acest punct de vedere, meritul lucrării *Docta ignorantia* este incontestabil, deoarece ea săvîrşeşte această distrugere într-un mod radical. Ba chiar prea radical şi de aceea inacceptabil pentru contemporanii lui Nicolaus Cusanus şi chiar şi pentru succesorii lui. Astfel, în afară de lucrările lui Leonardo da Vinci nu se găsesc nicăieri urme ale cosmologiei lui Nicolaus Cusanus şi a trebuit să-l aştep-

tăm pe Giordano Bruno pentru a vedea înflorind influenţa lucrării *Docta ignorantia* şi lumea nelimitată a lui Nicolaus Cusanus transformată în universul infinit al ştiinţei moderne. Pentru astronomia propriu-zisă, doctrina din *Docta ignorantia*, care nega existenţa în lume a unor puncte fixe şi a unor mişcări perfect uniforme, care nu admitea de aceea nici stabilitatea polilor, nici caracterul strict circular şi nici chiar periodicitatea riguroasă a mişcărilor cereşti, nu era de nici un ajutor. Dimpotrivă, chiar, la nivelul posibilităţilor teoretice din secolele XV şi XVI, aceste inovaţii revoluţionare ar fi făcut astronomia cu totul imposibilă. De aceea nu este de mirare că, în afară de Kepler, marii astronomi ai acestei perioade nu au ţinut seama de ideile lui Nicolaus Cusanus. La drept vorbind, se pare că nici el însuşi nu le-a luat în considerare. Astfel, în lucrarea sa *De venatione sapientiae* (1463) el pare să fi uitat că lumea nu are centru.

„Înţelepciunea divină — scrie el — a dat fiecărui lucru natura, crugul şi locul său; ea a pus Pămîntul la mijloc şi a hotărît ca acesta să fie greu şi să se mişte în centrul lumii, în aşa fel ca să rămînă totdeauna în centru şi să nu se depărteze nici în sus, nici într-o parte".

Totuşi această poziţie nu condamna Pămîntul la nemişcare, ci îi lăsa libertatea de a se învîrti pe loc.

Într-o notă datînd probabil din 1444, Nicolaus Cusanus precizează că:

„Pămîntul nu poate să fie imobil, el se mişcă la fel cu celelalte stele; el se învîrteşte deci cam în jurul polilor lumii, aşa cum o spune Pitagora, o dată la 24 de ore, dar sfera a opta [se roteşte] de două ori, iar Soarele — ceva mai puţin decît de două ori într-o zi şi o noapte".

Aceasta înseamnă, probabil, că Pămîntul se învîrteşte în jurul axei sale în 24 de ore, în timp ce sfera stelelor se învîrteşte în jurul aceleiaşi axe şi în aceeaşi direcţie în 12 ore, ceea ce pentru un observator terestru, care se crede imobil, echivalează cu o rotaţie a sferei cereşti într-o zi şi o noapte. Cît despre Soare, el rămîne puţin în urmă faţă de mişcarea sferei cereşti, ceea ce explică diferenţa dintre ziua siderală şi ziua adevărată.

Această notă este suficientă pentru a nu-l considera pe Nicolaus Cusanus un precursor al lui Copernic.

PEURBACH ŞI REGIOMONTANUS. În secolul al XV-lea, dezvoltarea astronomiei, strîns legată de cea a matematicii, este dominată de marele efort al lui Peurbach şi al lui Regiomontanus care doresc să restabilească contactul direct cu ştiinţele greacă şi arabă; să pregătească traducerea sau să îmbunătăţească traducerile existente ale marilor clasici ai astronomiei, în special traducerea cărţii lui Ptolemeu *Almazeste* şi să elaboreze *compendii* capabile să înlocuiască *Sphaera* lui Sacrobosco, a cărei insuficienţă este din ce în ce mai evidentă. În domeniul traducerilor, efortul culminează cu publicarea vechei versiuni a cărţii *Almageste*, de către Géradro din Cremona (Veneţia, 1515), şi a unei versiuni noi de către Gheorghios de Trebizonda (Veneţia, 1528). Afară de aceasta, textul grec este publicat de S. Grynaeus, cu comentariile

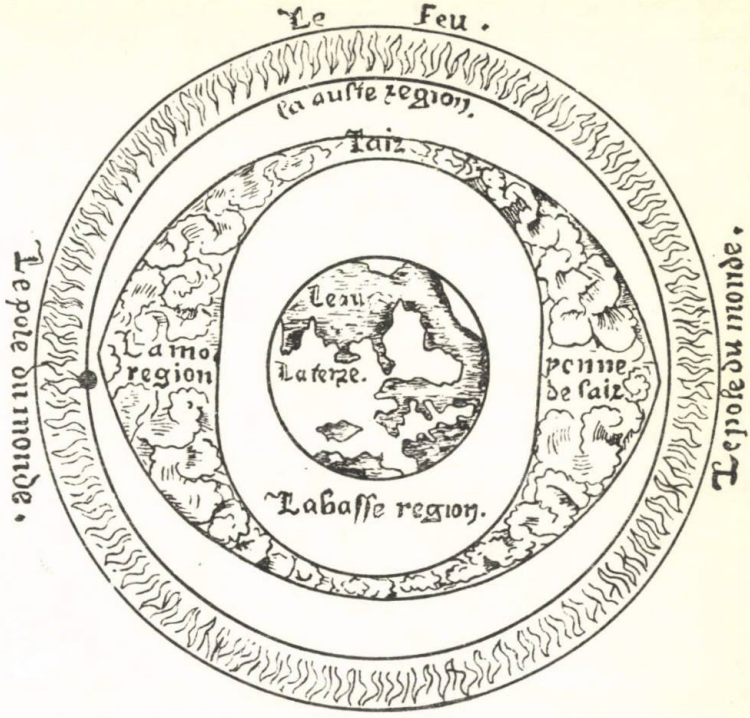


FIG. 3. „PARTEA ELEMENTARĂ A LUMII" DUPĂ ARISTOTEL (O. FINÉ, 1528)

lui Pappus și ale lui Theon, editate de J. Camerarius (1538). Peurbach, care după sfatul lui Bessarion a întreprins o traducere a cărții *Almageste* și a compus un extras (*Epitome*) din opera lui Ptolemeu, i-a încredințat lui Regiomontanus sarcina de a continua aceste două lucrări pe care nu le-a dus pînă la capăt. Regiomontanus nu a terminat nici el traducerea începută de Peurbach, în schimb a întregit lucrarea *Epitome*, care a fost publicată după moartea sa, la Veneția, în 1496. Aceasta este o completare științifică a tratatului lui Peurbach, *Theoricae novae planetarum* (Nürnberg, prin 1472), o lucrare elementară în care teoriile planetelor sînt mult simplificate și prezentate fără demonstrații. Găsim în schimb aceste demonstrații în *Epitome*. Lucrarea *Theoricae...*, destinată să înlocuiască *Sphaera* lui Sacrobosco în învățămînt[1], s-a bucurat de o mare popularitate pînă la sfîrșitul secolului al XVI-lea și a fost de multe ori reeditată, de obicei cu comentarii, între altele cu comentariile lui Oronce Finé. Ea formează baza părții astronomice a lucrării lui Reisch, *Margarita Philosophica* și a fost chiar tradusă în limba italiană în 1556.

[1] *Sphaera* lui Sacrobosco era totuși folosită în continuare. Ea a fost retipărită în mai multe rînduri cu comentarii din ce în ce mai savante. — *N.A.*

În aceste două lucrări, Peurbach apare ca adept al lui Ptolemeu, pe care-l urmează cu stricteţe, cu excepţia a două puncte. Urmîndu-i pe arabi, el adaugă *trepidaţia* la diversele mişcări ale sferelor cereşti, imaginate de marele astronom grec şi, de asemenea, tot urmîndu-i pe arabi, el aşază cruguri solide în locul cercurilor pur matematice din *Almageste*. Această înlocuire, inaugurată de altfel de Ptolemeu însuşi, în lucrarea sa *Ipoteze asupra planetelor* mi se pare semnificativă în sensul refuzului de a accepta o astronomie întemeiată pe calcule pure fără raporturi cu realitatea obiectivă sau, poate, de a accepta un fel de dublu adevăr filozofic şi ştiinţific, şi anume fizica (şi cosmologia) lui Aristotel, pe de o parte, şi astronomia lui Ptolemeu, pe de altă parte. Peurbach a făcut, de asemenea, observaţii astronomice, pentru care a creat instrumentul său *quadratum geometricum*. Lucrările lui împreună cu cele ale lui Regiomontanus în domeniul trigonometriei au furnizat astronomilor instrumente de calcul mult mai bine adaptate şi mai precise. Datorită lor, la începutul secolului al XVI-lea, recucerirea trecutului este terminată şi astronomia se găseşte într-o situaţie destul de asemănătoare cu cea în care se afla algebra. Din această epocă datează unele texte ale lui Leonardo da Vinci, pe care le vom examina succint.

LEONARDO ŞI ASTRONOMIA. Desigur, Leonardo nu este astronom şi n-a făcut descoperirile pe care istoriografia hagiografică i le-a atribuit uneori, deşi el a fost unul dintre primii, dacă nu chiar primul, cel puţin în Occident, care şi-a dat seama că lumina cenuşie a Lunii este o reflectare a luminii pămînteşti. De asemenea, nu el a inventat — aşa cum s-a spus — telescopul. Ceea ce nu l-a împiedicat să facă, fără telescop, o descoperire foarte importantă — din păcate rămasă necunoscută — prin care l-a anticipat pe Kepler, şi anume, el a constatat caracterul subiectiv al haloului care înconjură stelele fixe şi, prin urmare, al dimensiunilor lor observabile.

Concepţiile cosmologice ale lui Leonardo, deşi nu au fost temeinic elaborate şi au rămas ele însele necunoscute, îşi găsesc locul legitim între cele ale lui Nicolaus Cusanus şi cele ale lui Copernic. Este puţin probabil ca Leonardo să se fi ridicat pînă la o concepţie heliocentrică a universului, deşi se invocă în acest sens un text celebru, dar unic şi prea eliptic ca să putem trage din el concluzii, şi anume fraza din *Carnetele* lui: *Il sole non si muove*. Este însă clar că, urmîndu-l pe Nicolaus Cusanus, el a renunţat la imaginea geocentrică şi, printr-o dublă mişcare a gîndirii, asimilînd Luna cu Pămîntul şi Pămîntul cu Luna, a tras concluzii asupra caracterului terestru al primei şi asupra naturii astrale a Pămîntului. Într-adevăr, el spune că Luna este alcătuită din aceleaşi elemente ca şi Pămîntul, şi anume din pămînt, aer, apă şi foc. Pentru el faptul că „Pămîntul este aproape asemănător cu Luna" este o dovadă a „nobleţei lumii noastre".

„Pămîntul nu se află în mijlocul cercului Soarelui, nici — aici influenţa lui Nicolaus Cusanus este evidentă — în mijlocul lumii, ci în mijlocul elementelor sale care îl însoţesc şi care sînt unite cu el. Iar pentru cel care se va afla pe Lună, cînd ea, împreună cu Soarele, se află dedesubtul nostru, Pă-

mîntul nostru împreună cu elementul apă, vor apărea în același chip în care Luna, însăși apare pentru noi".

S-a afirmat că, în locul rotației universale, Leonardo ar fi crezut în mișcarea giratorie a Pămîntului și că ar fi încercat să răspundă uneia dintre obiecțiile clasice ridicate împotriva acestei posibilități. În acest scop au fost invocate două texte referitoare la mișcarea unei săgeți lansate pe verticală și la mișcarea „corpului greu care coboară în aer, în timp ce elementele sînt animate de o mișcare de circumvoluție a cărei revoluție completă are loc în 24 de ore".

SISTEMUL SFERELOR OMOCENTRICE AL LUI FRACASTORO ȘI AMICI. Girolamo Fracastoro (1478—1553) își datorează celebritatea nu lucrărilor sale de astronomie, ci celor de medicină și în special poemului său despre sifilis. El își face studiile la Universitatea din Padova în același timp cu Copernic și putem presupune că cei doi tineri au avut discuții asupra unor probleme de astronomie, punîndu-se de acord amîndoi asupra insuficienței astronomiei lui Ptolemeu și a necesității de a fi înlocuită printr-un alt sistem. Dar în timp ce Copernic va căuta să efectueze această reformă pornind de la sistemul lui Aristarh, Fracastoro va alege sistemul lui Callipos. Ideea de bază a lucrării sale *Homocentrica* (Veneția, 1538), dedicată aceluiași papă Paul al III-lea căruia Copernic îi va dedica tratatul său *De revolutionibus orbium coelestium*, i-a venit, spune el, de la Giovanni Battista della Torre (fratele lui Marc Antonio della Torre, care a fost prieten și colaborator, în ceea ce privește studiile de anatomie, al lui Leonardo da Vinci). Giovanni Battista della Torre a murit tînăr, lăsîndu-i lui Fracastoro grija de a elabora sistemul său. El se inspiră din necesitatea de a reprezenta mișcările planetare fără a folosi excentricele și epiciclurile, ci numai mișcările circulare în jurul aceluiași centru (sfere omocentrice) și din dorința de a plasa axele acestor sfere în așa fel, ca ele să formeze între ele unghiuri drepte. Deși valoarea sistematică și matematică a acestei restricții este evidentă, ea duce la înmulțirea sferelor: numărul lor va ajunge la 77; 76 pentru planete și Lună și o sferă suplimentară dedesubtul Lunii care, spre deosebire de celelalte, este eterogenă și deci inegal transparentă. Această sferă explică, pe de o parte, variațiile în strălucirea planetelor care par să demonstreze o variație a distanței — cea mai serioasă obiecție împotriva sistemului de sfere omocentrice — și, pe de altă parte, variația în durata eclipselor și în mișcarea cometelor.

Concomitent cu Fracastoro și independent de el, sistemul sferelor omocentrice a fost scos din nou la lumină de Giovanni Battista Amici, care a publicat în 1536, la Veneția, o mică lucrare cu titlul *De motibus corporum coelestium iuxta principia peripatetica sine excentricis et epicyclis*. Sistemul lui Amici se aseamănă cu cel al lui Fracastoro, dar, deși nu impune axelor sferelor condiția de a forma unghiuri drepte, este și mai complicat. În perioada cînd Copernic își pregătește opera, o asemenea reînviere a sistemelor preptolemeice este cel mult o curiozitate istorică.

DISERTAŢIA LUI CALCAGNINI. Mai importantă decît operele lui Fracastoro şi ale lui Amici ar fi putut să fie contribuţia lui Celio Calcagnini (1479—1541), care pe la 1520 a scris o disertaţie, propunîndu-şi să demonstreze că: *Quod coelum, stet, terra moveatur.* În acest eseu, apărut abia în 1544, într-un volum care înmănunchea *Opera aliquot* Calcagnini, care poate că auzise deja vorbindu-se despre opera lui Copernic şi care invocă autoritatea lui Nicolaus Cusanus, atribuie Pămîntului numai rotaţia diurnă, bazîndu-se nu pe argumente astronomice, ci pe raţiuni filozofice şi fizice. El consideră că mişcarea se potriveşte mai curînd Pămîntului, care este sediul unor imperfecţiuni şi deci al schimbărilor, decît cerurilor a căror perfecţiune şi natură divină implică nu numai un caracter neschimbat, ci şi imobilitate. În afară de aceasta, Pămîntul fiind greu şi în acelaşi timp incapabil să cadă, deoarece se află în locul cel mai jos al lumii — în centrul acesteia —, o dată pus în mişcare nu se va mai opri. Cerul, dimpotrivă, fiind lipsit de greutate, este cu totul inadaptat pentru mişcare.

Curioasă răsturnare a dinamicii tradiţionale! De altfel foarte inteligentă: într-adevăr, un corp lipsit de greutate, adică de masă, nu poate să primească un *impetus.* Dacă disertaţia lui Calcagnini ar fi fost publicată în 1520, ea ar fi jucat, probabil, un rol important în istoria revoltei împotriva lui Aristotel şi a lui Ptolemeu. Fiind publicată însă în 1544, la un an după apariţia lucrării lui Copernic, *De revolutionibus orbium coelestium*, ea a venit mult prea tîrziu.

B. COPERNIC

În istoria gîndirii, opera lui Copernic marchează o dată decisivă. Într-adevăr, ea constituie punctul de pornire al „revoluţiei ştiinţifice" din secolul al XVII-lea care a aşezat universul omogen şi infinit al oamenilor moderni în locul cosmosului închis şi ierarhizat al antichităţii şi al evului mediu.

Dar, lucru curios, „revoluţia copernicană" ni se prezintă ca nefiind nici anunţată, nici pregătită. Într-adevăr, nici Nicolaus Cusanus (pe care Copernic l-a cunoscut, poate), nici Leonardo da Vinci (pe care nu l-a cunoscut) nu au fost „precursori" ai lui Copernic. Şi dacă posibilitatea învîrtirii Pămîntului în jurul axei sale a fost la un moment dat admisă în mod serios de Nicole d'Oresme, nimeni de la Aristarh din Samos şi Seleucos nu s-a gîndit să aşeze Soarele în centrul lumii şi să atribuie Pămîntului o mişcare orbitală.

Lucrarea *De revolutionibus orbium coelestium* le întinde mîna peste două mii de ani de dezvoltare istorică şi de uitare. Înarmat cu tehnica matematică moştenită de la Ptolemeu, Copernic săvîrşeşte ceea ce înaintaşii săi antici nu au putut decît să presimtă.

BIOGRAFIA. Copernic (Nicolaus Coppernicus) s-a născut la 19 februarie 1473 la Thorn în Prusia (Pomerania). Tatăl său, care se numea şi el tot Nicolaus, era un burghez din Cracovia, care s-a stabilit la Thorn. Mama sa, Barbara

Watzelrode, se trăgea dintr-o veche familie aristocratică din regiune. După ce și-a pierdut tatăl la vîrsta de zece ani, Copernic a fost adoptat de unchiul său din partea mamei, Lucas Watzelrode, care a devenit mai tîrziu episcop de Warmia. A fost oare Copernic polonez sau german? Fără îndoială, polonez. Această problemă, care a făcut să curgă multă cerneală, este anacronică și lipsită de interes. Nu originea și nici formația intelectuală a lui Copernic, în care Italia a jucat un rol incomparabil mai mare decît Polonia, pot explica geniul său. Din punctul de vedere al gîndirii sale, singura care ne interesează aici, Copernic este un *proles sine matre*.

În 1491 îl găsim pe Copernic la Universitatea din Cracovia, care la acea epocă se bucura de un mare prestigiu. Era cea mai mare universitate din est, celebră ca centru al culturii științifice și umaniste. Ne lipsesc informații asupra disciplinelor pe care le-a studiat Copernic. Deși este sigur că a făcut studii aprofundate de astronomie, se pare că de urmat a urmat obișnuitul *curriculum* de la Facultatea de arte, axat pe dialectică și filozofie.

Unul dintre cei mai eminenți profesori de la Universitatea din Cracovia a fost Albert Brudzewski, astronom și matematician distins, autor al unui *Comentariu* asupra lucrării lui Peurbach *Theoricae novae planetarum* (1482). Biografii lui Copernic au încercat să explice vocația astronomică a lui Copernic prin influența lui Brudzewski. Această ipoteză rămîne însă nesigură.

În 1496 îl regăsim pe Copernic la Warmia, de unde pornește în același an spre Italia, pentru a face acolo studii de drept. Pe la 1 octombrie 1496, numele său este trecut în registrul Universității din Bologna care cuprinde *natio germanorum*, ceea ce nu înseamnă că Copernic s-ar fi considerat vreodată german.

Copernic a petrecut vreo trei ani la Bologna. A studiat acolo astronomia, deși se pare că avansase suficient în această știință pentru a fi pentru celebrul astronom Domenico Maria de Novara *non tam discipulus quam adjutor et testis observationum*. În același timp a studiat dreptul, medicina și filozofia și a început să învețe limba greacă.

În 1500 pleacă la Roma, unde ține o serie de conferințe cu subiecte de matematică (probabil de astronomie). În 1501 se întoarce în Polonia, pentru a lua personal în primire postul de canonic al Catedralei din Frauenburg (azi Frombork), în care fusese numit datorită lui Lucas Watzelrode. Imediat după prelua rea postului obține un concediu și se reîntoarce în Italia, de data aceasta la Padova, unde continuă să studieze medicina și dreptul. Titlul de *doctor juris canonici* îl obține însă la Ferrara (la 31 mai 1503). Se întoarce apoi la Warmia în dioceza sa, pe care n-a mai părăsit-o pînă la moarte.

A locuit la început la Heilsberg, alături de unchiul său Lucas Watzelrode, al cărui secretar și medic a fost; în preajma morții acestuia (în 1512) s-a mutat la Frauenburg. S-a ocupat de administrarea bunurilor consiliului canonicilor (de unde și tratatul său *De monetae cudendae ratione*), a practicat medicina, pare-se, cu mult succes. Își procură un *triquetrum* (*instrumentum parallacticum*), o sferă armilară și un cvadrant și face observații astronomice pe care le folosește apoi parțial în lucrarea sa *De revolutionibus*.

ELABORAREA LUCRĂRII *DE REVOLUTIONIBUS*. După cîte se pare, Copernic a conceput foarte devreme ideea centrală a sistemului său. În dedicația la *De revolutionibus* el spune că și-a păstrat lucrarea în secret nu numai nouă ani, așa cum recomanda poetul Horațiu, ci de patru ori nouă ani. Bineînțeles, aceste cuvinte nu trebuie înțelese literal, ele nu se referă la cartea ca atare. Este vorba, desigur, de ideea sa fundamentală, aceea a heliocentrismului. Așadar, această idee trebuie să-i fi apărut prin 1505 sau 1506. „Secretul" în care Copernic și-a păstrat ideile nu era, de altfel, decît cu totul relativ. Într-adevăr, așa cum a stabilit L. Birkenmajer, la cîțiva ani după întoarcerea din Italia (cam pe la 1512), Copernic scrie și răspîndește printre prietenii săi o expunere schematică și scurtă, dar foarte clară, a principiilor noii astronomii sub titlul *De hypothesibus motuum coelestium a se constitutis Commentariolus*. Nu-l publică însă (*Commentariolus* nu a văzut lumina tiparului decît în 1878), dar nici nu se mulțumește cu atîta. Copernic înțelegea foarte bine că nu era de ajuns să formuleze idei noi sau, cum pare să fi considerat el însuși, să încerce să reînvie vechile concepții pitagoreice. Pentru a reuși, trebuie să prezinte o teorie a mișcărilor planetare tot atît de completă și de aplicabilă ca cea a lui Ptolemeu. Obiectivul acesta l-a realizat prin *De revolutionibus orbium coelestium libri sex*. Cartea I conține o expunere generală a sistemului lumii, însoțită de un tratat de trigonometrie, Cartea a II-a — o expunere a astronomiei sferice prevăzută cu un catalog de stele, pentru alcătuirea căruia Copernic a valorificat datele astronomilor antici, precum și observațiile moderne, și în care a recalculat elementele fundamentale ale mișcărilor (durata anului, precesia echinocțiilor etc.); următoarele cărți (III—VI) se ocupă detaliat de teoriile mișcărilor (aparente și reale) ale Soarelui (și Pămîntului), ale Lunii și ale planetelor. Nu este de mirare că munca la această lucrare a continuat cel puțin pînă la 1532. Este probabil că ea a fost încheiată chiar mai tîrziu. Copernic a continuat s-o perfecționeze, aducînd unele modificări și îndreptări de amănunt, pînă la sfîrșitul vieții sale.

PRUDENȚA ȘI ȘOVĂIELILE LUI COPERNIC. Probabil că lucrarea *Commentariolus* nu a avut o largă circulație. Cu toate acestea, ea parvine după vreo douăzeci de ani la Roma, unde secretarul papal Johann Widmanstetter a folosit-o pentru a explica papii Clement al VII-lea, în 1533, principiile noului sistem astronomic.

Nici papa, nici altcineva de la Roma nu au ridicat obiecții împotriva teoriei sau a autorului ei. Dimpotrivă, după trei ani (în 1536), Nicolaus Schönberg, cardinal și arhiepiscop de Capua, unul dintre membrii curiei romane, îl îndeamnă pe Copernic să-și publice descoperirile și cere să facă o copie a lucrării sale, oferindu-i mijloace pentru acest scop. Copernic nu dă curs invitației cardinalului. Și, deși alți prieteni ai săi și în primul rînd „prea scumpul său Tiedemann Giese, episcop de Kulm", au stăruit mult s-o facă, afirmînd că publicarea lucrării era o datorie a savantului față de știință și față de omenire, Copernic nu s-a putut hotărî. Îi era teamă de scandal, de reacția ostilă a teologilor, de *calumniantium morsus*. O atitudine, fără doar și poate, prea prudentă, dar lesne de înțeles la acea epocă.

În 1539 sosește la Frauenburg Georg Joachim Rheticus (1514—1574), tînăr profesor la Universitatea din Wittenberg. Auzise vorbindu-se despre noile teorii ale lui Copernic și era dornic să afle amănunte. Este interesant să remarcăm că autoritățile din Warmia nu s-au opus cîtuși de puțin acestei vizite a unui eretic, după cum, de altfel, nici autoritățile din Wittenberg nu au căutat să împiedice această călătorie. Și pentru ca lumina să nu rămînă sub obroc, Rheticus a trecut, la cîteva luni după sosirea sa, la întocmirea unui scurt rezumat al operei lui Copernic, *Narratio prima*, pe care o tipărește la Gdańsk în 1540, sub forma unei scrisori adresată dascălului său Johann Schöner.

Acest eseu s-a bucurat de un imens succes. O nouă ediție a lui a fost publicată în 1541, la Basel. Lumea oamenilor de știință fiind acum în posesiunea primelor elemente ale doctrinei, mobilele care l-au făcut pe Copernic să-și țină în taină lucrarea și-au pierdut rostul. El se hotărăște s-o publice. Prețiosul manuscris fu încredințat la Tiedemann Giese, care l-a transmis lui Rheticus, întors între timp la Wittenberg. Acesta îl tipărește la Nürnberg, la tipograful Johannes Petreius. Giese relatează că abia pe patul său de moarte, la 24 mai 1543, Copernic a văzut primul exemplar tipărit al operei sale.

PREFAȚA LUI OSIANDER. Rheticus nu s-a achitat însă destul de conștiincios de sarcina sa. Numit, în 1542, profesor la Universitatea din Leipzig, el a lăsat îngrijirea ediției în seama prietenului său Andreas Osiander, teolog luteran celebru, cu oarecare faimă de eretic. Acesta avea o experiență personală a persecuțiilor și, temîndu-se de o reacție violentă din partea teologilor și a aristotelicilor, s-a gîndit să ia unele măsuri de precauție. De fapt, îndrăzneala lui Copernic îl tulburase și pe el. Noua concepție asupra lumii era, evident, contrară învățăturilor Bibliei, iar el era prea bun luteran pentru ca să se îndoiască de litera acesteia.

De aceea, în 1541, el îi propuse lui Copernic o ieșire elegantă din această dificultate, adoptînd o teorie fenomenistă a științei. Știința, și în special astronomia, afirmă Osiander, nu are decît un singur scop, și anume acela de a „salva fenomenele", *salvare apparentias*. Țelul ei nu este să găsească cauzele ascunse și nici mișcările reale ale corpurilor cerești — ea fiind incapabilă s-o facă —, ci să închege și să-și ordoneze observațiile cu ajutorul unor ipoteze care să-i permită să calculeze, și deci să prevadă și să prezică pozițiile (vizibile și aparente) ale planetelor. Ipotezele — acelea ale lui Copernic, la fel ca și acelea ale altor astronomi — nu trebuie să pretindă să fie adevărate sau chiar verosimile, ci numai să fie simple și adecvate calculelor. Toate acestea Osiander le explică printr-o pretinsă prefață intitulată *Cititorului, despre ipotezele din această operă* (*De revolutionibus*), pe care el n-o semnează și care din această cauză a fost considerată un timp ca aparținînd chiar lui Copernic. De aceea unii cititori, printre care cardinalul Bellarmin, au crezut că autorul își expune în această prefață punctul său de vedere, ceea ce, bineînțeles, nu corespundea adevărului. Copernic nu împărtășea pozitivismul lui Osiander; epistemologia lui era pe de-a întregul realistă.

FUNDAMENTELE NOII TEORII. FORMAREA GÎNDIRII COPERNICANE. În dedicația adresată papii Paul al III-lea și care are forma unei scrisori-introducere la lucrarea sa, Copernic explică rațiunile care l-au îndemnat să elaboreze o nouă teorie a mișcărilor planetare, și anume dezacordul dintre matematicieni, varietatea și multitudinea sistemelor astronomice, precum și incapacitatea tuturor acestor sisteme de a reprezenta cu exactitate mișcările aparente și de a rămîne fidele principiului mișcării *circulare uniforme* a corpurilor cerești. Era clar că „matematicienii" fie că nesocotiseră unele principii esențiale, fie că, dimpotrivă, au introdus ipoteze false în sistemele lor.

După ce a citit cărțile filozofilor care s-au ocupat de structura universului, Copernic a găsit că unii dintre ei, ca Hicetas, Heraclid din Pont, Ecphantus, erau de părere că Pămîntul se mișcă. Exemplul lor l-a îndemnat să examineze și el această ipoteză, în pofida absurdității ei aparente. Curînd și-a dat seama că ea oferea o explicare extrem de bună a fenomenelor cerești și conducea la imaginea unui univers perfect ordonat. Concluzia se impunea de la sine: matematicienii greșiseră, considerînd că Pămîntul este centrul lumii și al mișcărilor cerești.

Informațiile destul de sumare pe care le dă Copernic în legătură cu geneza teoriei sale ne permit să reținem unele indicații care confirmă ceea ce aflăm

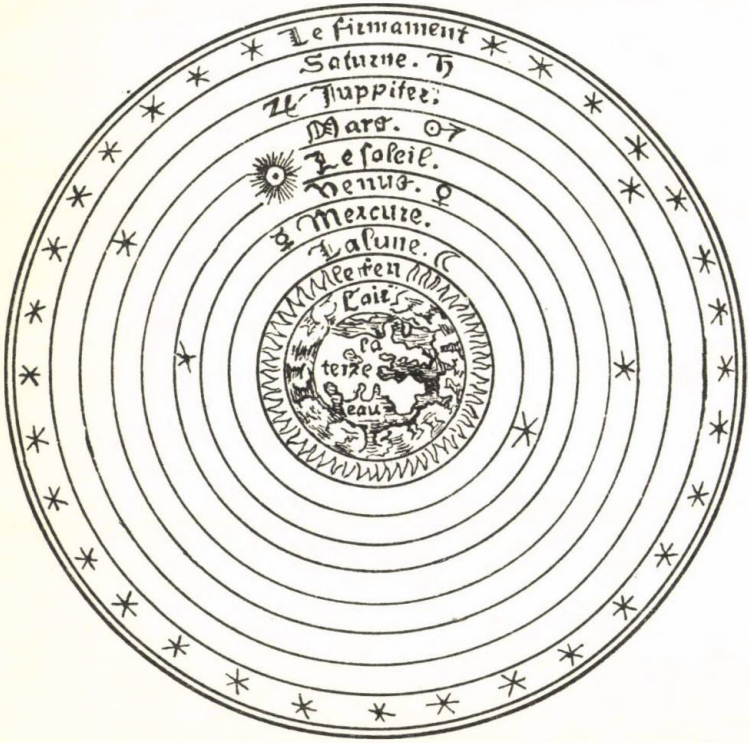


FIG. 4. UNIVERSUL MEDIEVAL: DESCRIEREA „CRUGURILOR CELESTE" DUPĂ PTOLEMEU (O. FINÉ, 1528)

din *Commentariolus* și din lucrarea lui Rheticus. Într-adevăr, Copernic spune foarte clar ce are de reproșat sistemului lui Ptolemeu; în primul rînd, acesta nu a fost în stare să rămînă fidel principiului fundamental al *uniformității* mișcării circulare a corpurilor cerești, pe care l-a falsificat prin inventarea „equanților" săi și, în al doilea rînd, el dădea o imagine irațională a universului.

În lucrarea sa (Cartea I), Copernic, expunînd dificultățile inerente teoriei mișcărilor planetelor Venus și Mercur, reamintește o concepție, menționată de Martianus Capella, potrivit căreia cele două planete se mișcă în jurul Soarelui. El adaugă că dacă cineva ar fi vrut să dezvolte această concepție, el ar fi trebuit să plaseze Soarele în centrul mișcărilor planetelor Saturn, Jupiter și Marte, și ar fi găsit astfel explicația adevărată a mișcărilor lor. Un asemenea curs al ideilor ar fi fost destul de natural, dacă ținem seama de marele rol care se atribuie Soarelui în astronomia lui Ptolemeu. Este de presupus că acesta este drumul pe care l-a urmat și gîndirea lui Copernic.

G.J. Rheticus ne spune în *Narratio prima* că ceea ce l-a convins pe Copernic că Soarele este centrul mișcărilor planetei Marte au fost marile variații ale strălucirii acestei planete care răsare dimineața puțin înaintea Soarelui și apoi în amurg. Aceasta pare să indice un același curs al gîndirii. Totuși, dacă Copernic ar fi urmat acest raționament pe care-l punctase încă John Scotus Erigena, el ar fi dezvoltat sistemul lui Tycho Brahe, și nu ar fi ajuns la sistemul său propriu. Pentru a depăși acest stadiu, pentru a așeza Soarele în centrul Lumii și a plasa Pămîntul printre planete, era nevoie de ceva în plus, și anume de profunda inspirație pitagoreică care l-a animat pe Copernic și ale cărei influențe profunde se regăsesc în *Narratio prima* a lui Rheticus, discipolul lui Copernic. Într-adevăr, Cartea Ia tratatului *De revolutionibus* cuprinde un adevărat imn închinat Soarelui, pupila și spiritul Lumii, îndrumătorul ei și „Zeul vizibil după Trismegistos". În afară de aceasta, însuși raționamentul care atribuie Soarelui locul central în virtutea perfecțiunii sale — „cine oare ar fi pus în acest templu al lumii acest luminător splendid într-un alt loc, sau într-un loc mai bun, decît acela din care el poate să lumineze totul dintr-o dată?" — apare ca o răsturnare radicală a concepției geometrico-ierarhice care, în opoziție cu cea caracteristică lui Aristotel și creștinismului, vede în poziția centrală nu locul cel mai josnic și nedemn, ci, împreună cu pitagoreicii, locul cel mai frumos și cel mai onorabil.

SIMPLIFICAREA MECANISMELOR PLANETARE. Analizînd astronomia acceptată în mod curent în epoca sa, Copernic îi reproșează, în afară de neajunsurile menționate, prea marea ei complexitate. Este mai rezonabil să admitem mișcarea Pămîntului — scrie el —, chiar dacă aceasta poate să pară absurdă, decît să lăsăm ca spiritul nostru să rătăcească deconcertat de multitudinea aproape infinită de cercuri și sfere ale astronomiei geocentrice. Cînd vedem imaginea schematică a universului închipuit de Copernic, sîntem seduși de frumusețea ei și de *aparenta* ei simplitate. Totuși această impresie nu este pe deplin justă. Numărul cercurilor în astronomia lui Ptolemeu nu era atît de mare cum spune Copernic, iar Copernic a fost obligat să admită existența a

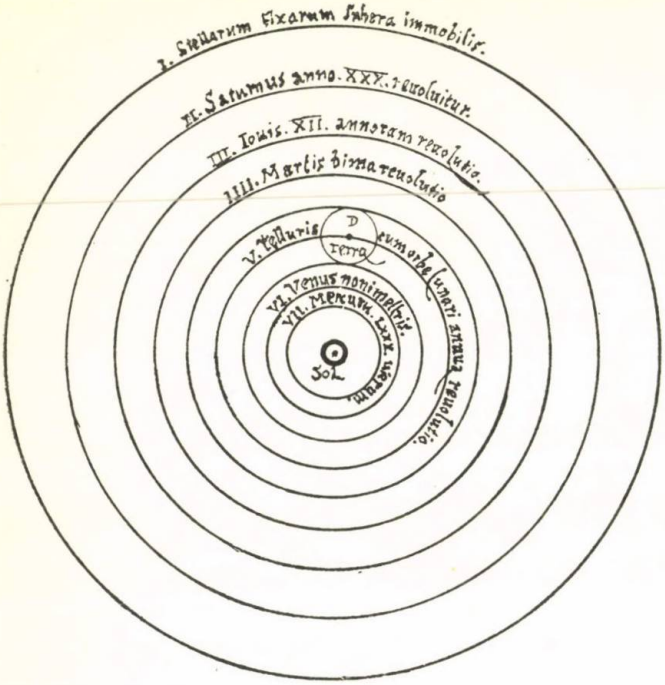


FIG. 5. UNIVERSUL LUI COPERNIC (*DE REVOLUTIONIBUS*, 1543)

34 de cercuri. El a emis această afirmație într-o expunere preliminară; mai tîrziu renunță la această confruntare.

Într-adevăr, tehnica matematică a lui Copernic era identică cu cea a lui Ptolemeu sau chiar, ținînd seama că el renunță la „equanți", cu cea a lui Hiparh; și întrucît planetele se mișcă în jurul Soarelui și Luna în jurul Pămîntului, nu parcurgînd cercuri perfecte și nu cu viteză uniformă, Copernic este nevoit — întocmai ca și aceștia — să combine mișcări circulare— epicicluri și deferente mobile — pentru „a salva fenomenele", adică pentru a regăsi datele observației. Faptul că locul mișcării diurne a sferei cerești îl ia mișcarea Pămîntului este un progres enorm, dar el nu micșorează numărul mișcărilor. După cum ne-o arată în mod strălucit Kepler, transferul mișcării anuale de la Soare la Pămînt ne face să cîștigăm un „cerc" pentru fiecare planetă — deferentul pentru planetele inferioare și epiciclul pentru planetele superioare. Dar renunțarea la „equanți", acest înalt titlu de glorie al astronomiei lui Copernic, introduce complicații și reclamă chiar adăugarea unui „cerc" suplimentar. În ceea ce privește Pămîntul, Copernic, care crede în cruguri materiale care transportă planetele, este obligat să-i atribuie, în afară de mișcarea diurnă și de mișcarea orbitală, o a treia mișcare, care menține constantă direcția axei sale de rotație. Printr-un procedeu de altfel foarte ingenios — atribuind acestei a treia mișcări o viteză ceva mai mică decît mișcării orbitale — el se servește de ea pentru a explica precesia echinocțiilor. În mod paradoxal, tocmai în teoria Lunii, pentru care heliocentrismul nu schimbă nimic, Copernic reușește să

obține simplificarea cea mai mare, eliberînd-o de „equant" (ceea ce ne dă măsura geniului său matematic) și făcînd-o în același timp mult mai apropiată de fenomene decît teoria lui Ptolemeu.

REGULARIZAREA MIȘCĂRILOR PLANETARE. Dar nu în micșorarea numărului mișcărilor cerești (și a cercurilor care le corespund) constă marea superioritate a sistemului lui Copernic. Această superioritate constă în uniformizarea și sistematizarea mișcărilor: durata deplasării unei planete în jurul Soarelui depinde de distanța care o desparte de el; această superioritate se regăsește în explicarea neregularității mișcărilor aparente — cu încetinirile, stagnările, retrogradările și înaintările lor — printr-un efect de perspectivă datorat mișcării observatorului însuși. Tocmai asupra acestui fapt insistă Rheticus, care subliniază cît de mult simplifică ipoteza mișcării Pămîntului explicarea fenomenelor cerești.

Într-adevăr, ne spune, el, „planetele se văd în fiecare an ca fiind animate de o mișcare directă sau retrogradă, ca fiind staționare, apropiate sau depărtate de Pămînt etc. Toate aceste fenomene, după cum arată dascălul meu, pot fi explicate printr-o mișcare regulată a Pămîntului sferic în jurul Soarelui pe o orbită pe care el o numește marele crug". „Într-adevăr — adaugă el — există ceva divin în faptul că înțelegerea sigură a fenomenelor cerești trebuie să depindă numai de mișcările regulate și uniforme ale globului terestru".

IMOBILITATEA SFEREI CEREȘTI. Polemica lui Copernic împotriva astronomiei și a cosmologiei tradiționale este deosebit de interesantă. Ea ne arată că trecerea de la geocentrism la heliocentrism nu era o simplă înlocuire a unui sistem de „cercuri" sau de „mișcări cerești" printr-un alt sistem, ci amorsarea unei revoluții intelectuale mult mai profunde, avînd o semnificație mult mai mare decît o pură și simplă reformă a astronomiei. Copernic îi obiectează lui Ptolemeu și mai ales lui Aristotel că este absurd să ne închipuim că se mișcă locul (*locus*) și nu ceea ce este așezat în acest loc (*locatum*) și că, din această cauză, cerul înstelat—care, după Aristotel, este *locus* (locul) universului — trebuie considerat ca imobil.

Acest argument ni se pare perfect rezonabil. În adevăr, simțim că este contrar rațiunii să lăsăm întregul univers imens (infinit pentru noi) să se învîrtească în jurul unui fir de praf. Rămînem convinși. Dar adeptul lui Aristotel (sau al lui Ptolemeu) nu se lasă convins. Universul său, deși destul de mare — vreo 20 000 de raze pămîntești — nu este infinit și el se opune extinderii lui — nemotivate din punctul său de vedere — de către Copernic. Într-adevăr, acesta, pentru a evita obiecția foarte naturală că mișcarea orbitală a Pămîntului ar trebui să facă să apară paralaxe stelare (ale stelelor fixe), se vede obligat să extindă raza universului (de cel puțin 2 000 de ori) și să afirme că, în raport cu raza sferei fixelor — sferă a cărei existență el o menține —, nu Pămîntul (cum admite Ptolemeu), ci cercul terestru, „marele crug",este „ca un punct". Raționament în care adeptul lui Aristotel nu poate să vadă decît o *petitio principii* și în care noi, dimpotrivă, nu putem decît să admirăm puternicul „instinct al adevărului", care animă spiritul savantului.

ROTAŢIA PĂMÎNTULUI. RĂSPUNS LA OBIECŢIILE TRADIŢIONALIŞTILOR. Tradiţionalistul simte că există o opoziţie fundamentală şi calitativă între Pămîntul greu şi inert, şi imponderabilele sfere cereşti: pentru a pune în mişcare Pămîntul, ar fi nevoie de un motor exterior şi material de o forţă formidabilă. Cît despre mişcarea sferelor cereşti, dimpotrivă, aceasta este o consecinţă a perfecţiunii lor, adică a însăşi naturii lor. Copernic însă nu acceptă nimic din toate acestea. Pentru el Pămîntul nu este calitativ opozabil planetelor: el este una dintre planete şi ceea ce este valabil pentru ele, este valabil şi pentru Pămînt.

La obiecţia fizică că rotaţia Pămîntului ar trebui să genereze o enormă forţă centrifugă care l-ar sfărîma în bucăţi, Copernic ripostează că aceeaşi obiecţie poate fi ridicată împotriva mişcării cerurilor, şi aceasta, cu atît mai mult, cu cît viteza mişcării lor este infinit mai mare decît cea a Pămîntului.

Astronomia lui Ptolemeu, cît şi fizica lui Aristotel au invocat în favoarea imobilităţii Pămîntului în centrul lumii faptul că toate corpurile grele cad „în jos", adică spre acest centru şi că, în mod evident, locul lor natural, precum şi locul natural al Pămîntului se află acolo. Eroare, le răspunde Copernic. Corpurile grele nu tind spre centrul lumii. Greutatea nu este decît tendinţa naturală a părţilor unui Tot, separate de acest Tot, de a i se realipi. Astfel, corpurile „grele" de pe Pămînt nu caută de loc să se apropie de „centrul lumii", pentru a-şi găsi acolo repausul, ci se limitează, pur şi simplu, să tindă spre întregul lor, spre Pămînt. La fel s-ar petrece, fără îndoială, lucrurile cu părţile separate de Lună şi de alte planete: ele ar tinde spre acestea şi nu spre centrul lumii. Vedem că spaţiul lui Copernic nu mai este spaţiul diferenţiat din punct de vedere fizic al lui Aristotel. El rămîne, fără îndoială, limitat şi închis de bolta cerească. Dar în interiorul acesteia el este geometrizat.

„Dar ce vom spune cu privire la nori şi la toate celelalte lucruri care plutesc în aer, cît şi la cele care cad sau, dimpotrivă, care tind să se ridice în sus?" — urmează Copernic, referindu-se la vechea obiecţie împotriva mişcării Pămîntului, potrivit căreia dacă Pămîntul s-ar mişca, pietrele aruncate în aer sau lăsate să cadă dintr-un turn nu ar cădea niciodată în locul din care au fost aruncate (sau la picioarele turnului), ci „ar rămîne în urmă", la fel cum „ar rămîne în urmă" păsările, norii şi însuşi aerul, formînd astfel un uragan teribil care ar sufla neîncetat de la vest spre est? Răspunsul este simplu: fiind *terestre*, toate aceste obiecte, păsările, norii, aerul, şi chiar focul participă, în mod natural, la mişcarea Pămîntului şi sînt antrenate de el. De aceea „lucrurile care cad şi care se ridică" execută o mişcare mixtă în raport cu lumea, o mişcare compusă din una rectilinie şi una circulară, care însă nouă ni se pare rectilinie.

IMPORTANŢA MIŞCĂRII CIRCULARE UNIFORME. Copernic, care se inspiră, poate, din Nicolaus Cusanus, pare să creadă că forma sferică — cea mai perfectă formă geometrică, spre care toate corpurile naturale tind din pricina acestei perfecţiuni — nu este numai cea mai aptă pentru mişcare — adevăr admis de toată lumea —, ci este o cauză suficientă a mişcării, generînd *în mod firesc cea mai perfectă şi cea mai naturală dintre mişcări*, adică mişcarea circulară.

Înțelegem acum de ce Copernic consideră principiul mișcării circulare uniforme ca fiind temelia întregii mecanici cerești: această mișcare este pentru el singurul mijloc de a pune în mișcare *machina mundi*. Un corp rotund — planetă sau glob — plasat în spațiu, se va învîrti în jurul propriei sale axe, fără a avea nevoie de vreun motor pentru a se menține în mișcare și nici chiar de un centru fizic de care nu se poate lipsi Aristotel. De aceea, acestea nu există în astronomia lui Copernic.

LOCUL ȘI ROLUL SOARELUI. Într-adevăr, dacă Copernic situează Soarele în centrul universului, el nu-l situează și în centrul mișcărilor cerești: centrele sferelor planetare nu se află *în interiorul* Soarelui, ci *în jurul* lui. De aceea, deși lumea lui Copernic este heliocentrică, astronomia sa nu este direct heliocentrică, deoarece mișcările aștrilor nu sînt raportate la Soare, ci la centrul crugului Pămîntului — excentric în raport cu Soarele. Acest centru al crugului Pămîntului se învîrtește el însuși în jurul Soarelui — mai exact el se află pe nu mic epiciclu al cărui deferent are Soarele drept centru —, dar mișcarea lui este atît de lentă, încît, practic, el nu apare în calcule: epiciclul face o rotație în 3434 de ani, iar deferentul în 53 000 de ani. Rezultă de aici paradoxul că, în *mecanica cerească* a lui Copernic, Soarele joacă un rol foarte modest. Funcția sa principală este cu totul alta: el își revarsă razele asupra universului, îi dă lumină, funcție de o importanță extremă care explică și asigură locul pe care îl deține în lume; locul de frunte sub raportul demnității și locul central sub raportul poziției.

UNIVERSUL LUI COPERNIC. Copernic nu este un „modern". Universul său nu este spațiul infinit al fizicii clasice, ci este limitat la fel ca spațiul aristotelic. Este, desigur, mult mai mare — *immensum*, atît de mare încît nu-l putem măsura (acesta este sensul cuvîntului imens) și totuși este finit, cuprins în sfera stelelor fixe și limitat de această sferă. Soarele se află în centrul lui. În jurul Soarelui se află crugurile care susțin și poartă planetele, cruguri tot atît de reale ca și sferele cristaline ale cosmologiei medievale. Ele se învîrtesc din cauza formei lor și poartă cu ele planetele rătăcitoare, ca bijuteriile în montura lor, conformîndu-se, în mișcările lor, legilor unei mecanici cerești eliberate de erorile introduse de Ptolemeu.

Astfel, lucru curios, dar frecvent în istorie, revoluția a rezultat dintr-o reformă, iar mișcarea înainte — din dorința unei întoarceri înapoi. De altfel, acesta este și modul în care contemporanii lui Copernic au interpretat opera acestuia: reînvierea pitagorismului de către un nou Ptolemeu.

C. RĂSPÎNDIREA IDEILOR LUI COPERNIC

Opera lui Copernic exprimă o viziune cosmică și în același timp o gîndire științifică. Faptul acesta explică, cel puțin într-o anumită măsură, răspîndirea înceată a copernicanismului.

Într-adevăr, dacă cunoaşterea sistemului lui Copernic pare să se fi răspîndit destul de repede, dacă interesul pentru opera sa pare să se fi menţinut destul de viu pentru a reclama, în 1566, o a doua ediţie a tratatului *De revolutionibus* (însoţit, sub formă de introducere, de *Narratio prima* a lui Rheticus), altfel s-au petrecut lucrurile în ceea ce priveşte adoptarea acestui sistem. Copernic este admirat, contrar aşteptărilor sale; se preia de la el una sau alta dintre metodele de calcul; numele său se găseşte adesea însoţit de epitete ca „al doilea Ptolemeu"; dar puţini îl urmează. În plus, dintre aceia care îl urmează trebuie să facem distincţie între oamenii de ştiinţă care acceptă copernicanismul ca o tehnică matematică nouă şi superioară celei a lui Ptolemeu, folosind-o pentru construirea de tabele şi pentru calculul efemeridelor, cei care acceptă heliocentrismul ca exprimînd realitatea fizică a universului şi, în sfîrşit, cei care pun pe acelaşi plan al *ipotezelor* astronomia lui Copernic, şi pe cea a lui Ptolemeu.

GERMANIA, ŢĂRILE DE JOS ŞI ITALIA. Printre cei ce cred în adevărul copernicanismului îi citäm, în Germania, pe Rheticus, pe Christopher Rothmann, astronom al landgrafului Wilhelm al IV-lea de Hessen-Kassel, pe Michael Mästlin, dascälul lui Kepler, care a editat în 1596 lucrarea acestuia *Mysterium cosmographicum*. Şi totuşi, la sfîrşitul vieţii sale, Rheticus a conceput proiectul unei „Astronomii germane", inspirîndu-se din Paracelsus, fără a preciza, de altfel, originea ei. Iar Erasmus Reinhold, autorul celebrelor *Tabulae Prutenicae* (1551), întocmite pentru a corija rezultatele numerice ale lui Copernic, precum şi al unui comentariu al tratatului *De revolutionibus* (rămas neterminat şi needitat), nu acceptă teoria lui Copernic ca realitate fizică şi, deşi îl salută pe Copernic cu titlul de „al doilea Atlas", nu inserează în *Tabulae* expunerea teoretică a sistemului.

Erasmus Oswald Schreckenfuchs, editor al lui Ptolemeu, îl copleşeşte pe Copernic cu laude şi admite posibilitatea de a justifica mişcarea Pämîntului, cel puţin într-o anumită măsură. El este deci cel puţin un simpatizant. Îl mai adäugäm pe Christian Wursteisen (Urstitius, din Basel), care, după cum afirmă Galilei, — strämutîndu-l la Rostock — a ţinut în Italia conferinţe copernicane.

În Ţările de Jos, Gemma Frisius este un simpatizant care nu vede nimic absurd în mişcarea Pämîntului. El se arată însă mai puţin interesat de adevărul noii doctrine decît de tabelele mai exacte decît cele existente, care pot fi calculate cu ajutorul teoriei lui Copernic. În Italia, Benedetti respinge concepţia aristotelică a lumii şi vorbeşte despre Copernic cu admiraţie. El cunoaşte însă insuficient doctrina acestuia şi nu poate fi considerat un adevărat copernican. În schimb, Giordano Bruno este un partizan convins: el este singurul copernican italian înainte de Galilei, cu rezerva că activitatea sa filozofică şi literară a avut drept arenă nu Italia, ci Franţa, Anglia şi Germania.

ANGLIA. În Anglia, Robert Recorde, în lucrarea sa *Castle of Knowledge* (Londra, 1556), menţionează elogios doctrina lui Copernic, prezentînd-o drept o reînviere a concepţiilor pitagoreice şi a celor ale lui Aristarh din Samos, dar nu afirmă că această doctrină corespunde adevărului. În schimb John Field,

într-o *Efemeridă*, apărută în același an și calculată „după canoanele lui Copernic și ale lui Reinhold", proclamă cu hotărîre exactitatea ei. În schimb, John Dee, în *Epistola-prefață* la *Efemeridă* urmează, prudent, atitudinea lui Reinhold. Totuși, același Dee, doi ani mai tîrziu, în lucrarea sa *Propaedeumata aphoristica...* (Londra, 1558), vorbește atît despre mișcarea rapidă a bolții cerești, cît și de cea a Soarelui.

Thomas Digges a fost, dimpotrivă, un copernican autentic. În 1573, în prefața la *Alae seu scalae mathematicae*, lucrarea sa consacrată în special studiului novei din 1572, pe care Digges o plasează în cer, deasupra Lunii, el proclamă falsitatea sistemului lui Ptolemeu. În 1576, în lucrarea *Perfitt Description of the Coelestiall Orbes, According to the Most Ancient Doctrine of the Pythagoreans: Lately Revived by Copernicus and by Geometrical Demonstrations Approved*, pe care o anexează la o nouă ediție a lucrării *Prognostication*, a tatălui său Leonard Digges, el va merge mult mai departe. În adevăr, în această *Descriere*, care marchează o dată importantă în istoria gîndirii umane, Thomas Digges nu numai că traduce cîteva pagini din *De revolutionibus* și dă o expunere excelentă a sistemului planetar al lui Copernic, dar, depășindu-l pe acesta, el neagă existența sferei fixelor și proclamă că „crugul", pe care stelele sînt așezate la distanțe diferite de Soare, se întinde fără a avea capăt, în sus. Fără doar și poate, el mai identifică încă acest crug infinit cu împărăția cerurilor și-l populează cu sfinți și îngeri cerești; totuși este *primul*, chiar înainte de Giordano Bruno, care a afirmat că universul astral este infinit, spărgînd bolta care îl înconjura și îl limita. Tot Digges a îndrăznit cel dintîi să conteste orice valoare obiecției clasice împotriva mișcării Pămîntului — cea legată de căderea unei pietre dintr-un turn— și să afirme că această experiență nu poate fi considerată concludentă, deoarece și o piatră, lăsată să cadă din vîrful unui catarg pe o corabie în mers, ajunge la picioarele catargului.

A fost oare *Descrierea* lui Digges puțin citită de englezi? Poate că printre cei care au citit-o se afla William Gilbert, care neagă cu o forță și mai mare decît Digges existența sferelor cerești și afirmă infinitatea spațiului și a aștrilor care îl populează. În schimb, cel puțin în lucrarea sa *De magnete*, apărută în 1600, deși afirmă cu hotărîre rotația diurnă a Pămîntului, pe care o explică prin acțiunea forțelor magnetice, Gilbert nu menționează mișcarea orbitală. El pare să fi fost un semicopernican, la fel ca Patrizi, Ursus și alții.

FRANȚA. Fapt curios, în Franța nu găsim copernicani adevărați: Pontus de Tyard, Jean Péna și Jacques Peletier nu ascund aprecierea lor elogioasă la adresa noii doctrine, dar nici nu aderă formal la ea. Cît despre Pierre Ramus, pe care antiaristotelismul său ar fi trebuit să-l facă favorabil lui Copernic, el respinge în realitate noua astronomie, socotind-o prea încărcată cu ipoteze fizice și metafizice, la fel ca și astronomia veche. Ceea ce ar fi dorit el să aibă este o astronomie pur calculatoare, liberă de orice legătură cu o cosmologie sau chiar cu o mecanică cerească și crede că găsește un astfel de model la vechii astronomi din Caldeea și Egipt. El recunoaște că N. Copernic, astronom cu

adevărat demn de admirație, a respins vechile ipoteze (acelea ale sferelor omocentrice, ale epiciclurilor și ale excentricelor) și a reînviat ipotezele admirabile care explică fenomenele nu prin mișcarea stelelor, ci a Pămîntului. Dar ce păcat, adaugă Ramus, că el nu a respins toate ipotezele, deoarece i-ar fi fost mai ușor să elaboreze o astronomie conformă adevăratelor poziții ale stelelor decît „să miște — asemenea unui gigant — Pămîntul". Ramus speră că se va putea stabili o astronomie nouă, întemeiată pe observații și elaborată prin mijloacele logicii și ale matematicii, respingînd toate noțiunile anticilor. După cum se știe, Kepler a pretins că a făcut acest lucru: într-adevăr, nu a respins el oare „toate ipotezele", inclusiv aceea a mișcării circulare, pe care Copernic o menținuse?

ÎNCETINEALA RĂSPÎNDIRII COPERNICANISMULUI. Se vede deci că, în secolul al XVI-lea, copernicanii nu erau mulți la număr; și mai puține au fost expunerile doctrinei copernicane. Practic, în afară de *Narratio prima* a lui G.J. Rheticus, asemenea expuneri sînt inexistente. Într-adevăr, nici unul dintre admiratorii și partizanii lui Copernic — nici Urstitius, nici Mästlin, nici Schreckenfuchs, care au publicat cu toții comentarii la *Sfera* lui Sacrobosco sau la *Theoricae novae* a lui Peurbach, nu au publicat niciodată expuneri ale învățăturii lui Copernic, același lucru se poate spune despre Rothmann; de-abia Tycho Brahe va publica, în 1596, în *Epistolarum astronomicarum liber*, scrisorile pe care i le adresase Rothmann pentru a-l apăra pe Copernic împotriva atacurilor astronomului danez. Cît despre Rheticus, după ce a publicat, în 1550, *Efemeridele* sale, hotărît și deschis copernicane, el nu a mai publicat *Narratio secunda*, pe care o anunțase în *Narratio prima*, și pe care apariția tratatului *De revolutionibus*, lucrare tot atît de dificilă ca și *Almageste*, nu o făcuse de loc inutilă. Se pare că el a pierdut treptat interesul pentru astronomie, consacrîndu-și întreaga energie elaborării trigonometriei, în a cărei istorie ocupă într-adevăr un loc foarte onorabil, alături de danezul Thomas Fincke. (*Geometria rotundi*, 1583). El a fost într-adevăr primul care a tratat sistematic cele șase funcții trigonometrice și lucrarea sa *Opus palatinum de triangulis* (Neustadt, 1596), pe care a terminat-o și a publicat-o în locul său discipolul său Valentin Otho — un volum enorm in-folio—, conține tabele ale acestor funcții, calculate din 10" în 10", raza fiind considerată egală cu 10^{10}, apoi cu 10^{15}.

PRINCIPALELE OBSTACOLE. Această absență totală a lucrărilor care să conțină expuneri ale învățăturii lui Copernic este destul de surprinzătoare și se explică parțial, fără îndoială, prin teama de a se atinge de autoritatea conjugată a lui Aristotel și a Revelației, teamă pe care Schreckenfuchs o mărturisește cinstit. Trebuie însă să precizăm lucrurile, pentru a nu se exagera importanța contradicției dintre heliocentrism și dogma religioasă.

Într-adevăr, biserica catolică nu pare să fi observat pericolul copernicanismului înainte ca Giordano Bruno — care de altfel extinzînd la infinit universul lui Copernic i-a răsturnat profund structura — să fi tras consecințele latente. De aceea, pe cît se pare, Clavius a fost primul catolic care a invocat împotriva lui Copernic nu numai absurditatea fizică a doctrinei sale,

ci și faptul că ea se află în contradicție cu numeroase pasaje din Sfînta scriptură (*Commentarii in sphaeram...*, Roma, 1570), ceea ce nu-l împiedică, de altfel, să-l elogieze pe Copernic, ca pe un astronom priceput și să renunțe la *Tabelele prusiene* ale lui Reinhold drept bază pentru reforma calendarului. În schimb, Diego de Zúñiga, un teolog spaniol, a publicat în 1584 un *Comentariu al cărții lui Iov*, în care încearcă să arate că Biblia nu este în contradicție cu „concepțiile pitagoreicilor, reînviate în zilele noastre de Copernic".

Bisericile protestante par să fi fost mult mai clarvăzătoare. Ele au reacționat prompt. Luther — chiar înainte de publicarea tratatului *De revolutionibus*, Melanchton — înainte și după, ambii au condamnat noua doctrină ca fiind în contradicție cu Scriptura. Savanții protestanți Peucer (în 1551), Théodoric (în 1564) îi opun, în același timp, argumente fizice și autoritatea Bibliei; după cum se știe, Tycho Brahe va proceda la fel.

Și totuși, chiar și la protestanți, nu opoziția religioasă a jucat rolul principal. În secolul al XVI-lea, argumentul *ex auctoritate scripturae sanctae* se adaugă la argumentele fizice și le întărește, dar acestea sînt, în fond, destul de puternice în sine, deoarece mișcarea Pămîntului apare ca ceva de neconceput și absurd. La această dificultate se referă și apărătorii copernicanismului, arătînd că ea contrazice nu numai sensul comun, dar și o tradiție filozofică bine stabilită și bine închegată, în care se introduce ca un corp străin. Afară de aceasta, copernicanismul se opune tradiției universitare și pedagogice și pare să prezinte dificultăți foarte mari pentru un spirit din secolul al XVI-lea. Într-adevăr, nu numai Schreckenfuchs și Mästlin, dar și Stevin, autorul primei expuneri științifice a copernicanismului (vezi *Hypomnemata mathematica* și *Oeuvres mathématiques*) după cea a lui Kepler, admit că metodele și concepția lui Copernic nu sînt mai simple — cum ni se pare nouă —, ci mai dificile decît acelea oferite de tradiție; și aceasta nu numai pentru că ele invocă ceva ce contravine sensului comun și cere din partea elevilor un efort de abstracție pentru care nu sînt pregătiți — mișcarea Pămîntului —, ci și pentru că explicarea „fenomenelor", ca fiind simple „aparențe" produse de o combinație a mișcărilor planetare cu cea a Pămîntului, este mai complicată decît explicația pe care o dă astronomia geocentrică. De aceea, toți acești autori consideră că astronomia copernicană nu poate fi expusă în fața studenților decît la sfîrșitul studiilor. Iată de ce copernicanii continuă, cu bună știință, să predea astronomia lui Ptolemeu și la fel va face pînă și Galilei la Padova. Situația se va schimba în secolul al XVII-lea, cînd descoperirile telescopice, formarea unei fizici noi și regresul aristotelismului vor face ca argumentele tradiționale să devină caduce. Atunci va deveni preponderent factorul religios și situația se va răsturna: biserica catolică se va închista într-o opoziție din ce în ce mai violentă și sterilă, iar bisericile protestante se vor acomoda și — poate din neputință — se vor resemna. În secolul al XVI-lea cea care predomină este încă opoziția universitară și filozofică: tehnicienilor li se îngăduie ușor folosirea noilor metode de calcul, dar nu se permite ca o doctrină atît de puțin rezonabilă să fie predată ca doctrină adevărată.

REFORMA CALENDARULUI. A doua jumătate a secolului al XVI-lea a văzut efectuîndu-se o importantă reformă: crearea unui nou calendar, calendarul gregorian, care astăzi este adoptat aproape pretutindeni.

Această reformă avea drept scop restabilirea concordanței dintre calendarul civil și bisericesc și datele astronomice la care era obligat să se refere. În mod cu totul special era nevoie de aceasta pentru calculul datei Paștilor, de care depind toate celelalte sărbători mobile ale anului liturgic. Într-adevăr, calendarul iulian, pe care biserica îl adoptase la conciliul de la Niceea (în 325), se bazează pe atribuirea unei durate de 365 de zile și 1/4 anului tropic. De aici, perioada de patru ani cuprinzînd trei ani simpli de 365 de zile fiecare și un an bisect, de 366 de zile. În realitate, durata anului tropic este de 365 zile, 5 h, 48 min, 46 s. Această diferență de 11 min și 14 s pe an corespunde unei erori de o zi la 128 de ani. Astfel, echinocțiul de primăvară, care pe timpul lui Iuliu Cezar cădea la 25 martie, a fost împins în momentul conciliului de la Niceea la 21 martie. În secolul al VIII-lea, Beda Venerabilul consemnează că între timp devenise necesară o corectare de trei zile în raport cu datele adoptate de conciliul de la Niceea. În secolul al XIII-lea Sacrobosco, în lucrarea sa *De anni ratione*, arată că această devansare este egală cu 7—8 zile. Roger Bacon în *De reformatione calendarii* i-a propus papii Clement al IV-lea să restabilească adevărul astronomic. Papa nu a dat însă curs acestei sugestii.

O dată cu progresul astronomiei și cu creșterea decalajului, problema revine la ordinea zilei. În Bizanț, în secolul al XIV-lea, Matthieu Blastarès studiază calculul datei Paștilor, iar Nichifor Gregoras consideră că este necesară o reformă, dar împăratul Andronic respinge această sugestie din motive politice. În Occident, Pierre d'Ailly cere, în 1414, consiliului de la Constance (Konstanz) și papii Ioan al XXIII-lea să ia măsurile necesare. Ceva mai tîrziu, Nicolaus Cusanus intervine în același sens. În 1476, Regiomontanus, invitat la Roma de papa Sixtus al IV-lea, începe să pregătească reforma, dar proiectul rămîne în suspensie din pricina morții marelui astronom. Problema este reluată în secolul al XVI-lea, în 1512, de către conciliul de la Lateran și a făcut obiectul unui număr mare de lucrări publicate, fără să se ia vreo hotărîre.

În sfîrșit, în 1582, Grigore al XIII-lea a obținut adoptarea de către biserica catolică a unui nou sistem de comput („calendarul gregorian" sau „stilul nou") întemeiat pe un sistem imaginat de medicul astronom din Napoli, Luigi Lilio. Acesta a murit însă înainte de adoptarea oficială a computului său, așa că sarcina de a elabora și de a efectua nenumăratele calcule legate de această măsură i-au revenit lui Clavius. El le-a reunit într-un enorm volum intitulat *Romani calendarii a Gregorio XIII P.M. restituti explicatio* (Roma, 1603, 680 p. in-folio).

Pentru a îndrepta eroarea sistematică a calendarului iulian, au fost, pur și simplu, suprimați trei ani bisecți la fiecare 400 de ani (anii sfîrșit de secol al căror număr de sute nu este divizibil cu 4). Corectarea devansării anului civil față de anul astronomic era destul de ușor de realizat: era suficient să se suprime zece zile. Grigore al XIII-lea și-a asigurat acordul guvernelor

țărilor catolice și a decretat în martie 1582 că ziua care va urma după sărbătoarea Sfîntului Francisc (4 octombrie 1582) va fi considerată 15 octombrie.

Mult mai grea a fost restabilirea unei baze ferme pentru computul pascal, care implică o combinație de date astronomice solare și lunare. Într-adevăr, potrivit hotărîrii conciliului de la Niceea, Paștii trebuiau să fie sărbătoriți în prima duminică de după Luna plină care cade în ziua echinocțiului sau imediat după acesta, cu condiția că — dacă această Lună plină cade într-o duminică — Paștii să fie fixați duminica următoare, și ca data aleasă să nu coincidă niciodată cu cea a Paștelui mozaic.

În acest scop, Lilio a înlocuit calculele efectuate cu ajutorul „numerelor de aur" (bazate pe ciclul lui Meton) prin calculul „epactelor", adică al „vîrstei Lunii" la 1 ianuarie al anului. Acest sistem, destul de complicat și destul de arbitrar — Luna plină putînd fi decalată cu o zi sau două față de Luna plină reală —, are marele avantaj de a permite o determinare a datei Paștilor conform condițiilor prescrise de conciliul de la Niceea. Cu cîteva modificări formale, el a fost acceptat în cele din urmă de toate bisericile creștine din Occident.

Cît despre calendarul gregorian, el a fost adoptat de Italia, Spania și Portugalia, la data fixată de Roma. Franța l-a acceptat în decembrie 1582, iar Germania catolică în anul următor. Landurile protestante din Germania s-au opus timp de un secol adoptării calendarului „papist" și nu s-au resemnat decît în 1700. Anglia a așteptat cu adoptarea noului calendar pînă la 1750, încît abia în 1752 calendarul gregorian a devenit legal în această țară. Ziua de 2 septembrie 1752 a fost urmată de 14 septembrie. S-a profitat de această ocazie și pentru a schimba ziua Anului nou: în loc de 25 martie, anul avea să înceapă la 1 ianuarie. Biserica ortodoxă a respins inovația și „stilul nou" a fost definitiv introdus în Rusia de-abia în 1923.

UNIVERSUL INFINIT AL LUI GIORDANO BRUNO. Giordano Bruno (1548—1600) nu a fost, fără îndoială, astronom și cu atît mai puțin fizician sau matematician. Dar la acea epocă, istoria astronomiei era una cu acea a fizicii și amîndouă sînt strîns legate de istoria cosmologiei. Or, printr-o intuiție genială, care a anticipat descoperirile telescopice ale lui Galilei și a depășit cu mult concepțiile unui Digges sau ale unui Benedetti, Bruno sesizează *infinitismul* esențial al noii astronomii, opunînd viziunii medievale a unui cosmos ordonat și finit — viziune care, deși modificată, mai domină gîndirea lui Copernic și chiar a lui Kepler — propria sa intuiție a unui „univers infinit" „imens și nenumărabil", populat de o infinitate de „lumi", asemănătoare cu lumea noastră („*De l'infinito universo e mondi*, 1584; *De innumerabilis, immenso et infigurabili*, 1591 etc.). Cu ardoarea unui apostol, Bruno va predica în Europa această viziune, însoțită de o critică violentă la adresa aristotelismului și va plăti pentru predica sa cu viața[2].

[2] Arestat de inchiziție în 1592, Bruno a rămas întemnițat timp de opt ani. A fost apoi excomunicat și ars pe rug la Roma, la 17 februarie 1600.

Lucrarea lui Bruno *Cena de le ceneri*, publicată în 1584, cuprinde o expunere a astronomiei copernicane şi o pledoarie în favoarea ei. Expunerea, în pofida cîtorva erori, este, în mare, excelentă, iar prin pledoaria sa el îmbogăţeşte şi transformă ideile dascălului său, servindu-se cu o inteligenţă remarcabilă de noţiunile elaborate de fizica *impetus*-ului. Argumentele clasice folosite pentru a contesta mişcarea Pămîntului — cele referitoare la vînturi, nori, păsări — nu au nici o valoare, arată Bruno, deoarece aerul care înconjură Pămîntul este antrenat de mişcarea acestuia — dacă Pămîntul se mişcă. Argumentul cu privire la piatra lăsată să cadă de la înălţimea unui turn sau aruncată vertical în aer este infirmat în acelaşi fel. Acest faimos argument nu stă în picioare, deoarece el nesocoteşte faptul că experienţa respectivă se efectuează *pe Pămînt*. Or, „toate lucrurile care se găsesc pe Pămînt se mişcă împreună cu el" şi *în raport cu Pămîntul* se mişcă întocmai ca şi cum el s-ar afla în repaus.

Spre deosebire de Copernic, care face distincţie între mişcarea „naturală" a Pămîntului şi mişcările „violente" ale lucrurilor care se află pe Pămînt, Bruno asimilează deliberat aceste mişcări. De aceea, el nu invocă ideea caracterului „natural" al rotaţiei Pămîntului, ci face analogie între mişcarea Pămîntului şi cea a unei nave care alunecă pe suprafaţa apei; mişcarea globală a corăbiei nu produce nici un efect asupra mişcării lucrurilor care se află pe corabie. La fel se întîmplă cu lucrurile în ceea ce priveşte mişcarea Pămîntului; fenomenele invocate s-ar produce numai dacă experimentatorul nu ar participa el însuşi la mişcarea Pămîntului. La obiecţia fundamentală ridicată împotriva realităţii mişcării Pămîntului, obiecţie care se bazează pe noţiunile de greu şi uşor, de locuri naturale şi mişcări naturale (noţiuni care formează temelia însăşi a fizicii aristotelice), Bruno răspunde că „greu sau uşor nu se poate spune despre nişte corpuri naturale, natural constituite (luate în sine) şi nici despre sfere întregi... ca Pămîntul şi aştrii"... Greutatea nu este decît tendinţa părţilor de a se întruni într-un singur loc. Depăşindu-l însă pe Copernic şi invocînd autoritatea lui Platon, Bruno explică (aşa cum a făcut şi Benedetti) că greu şi uşor sînt doar nişte calificări relative.

El arată, de asemenea, că nu există locuri naturale. Într-adevăr, în lumea lui Bruno sau, mai exact, în universul său — pentru că „lumea" nu este decît o „maşină" de felul sistemului nostru solar, asemănătoare unei infinităţi de alte „maşini" de acelaşi fel — nu pot exista locuri privilegiate. Acest punct de vedere este valabil în lumea lui Bruno într-o măsură şi mai mare decît în lumea lui Nicolaus Cusanus, de la care se trage în linie dreaptă lumea lui Bruno, care însă nu este doar „neterminată", ci pozitiv infinită. În această lume nu pot exista, de asemenea, direcţii determinate în sine. „Sus" şi „jos" nu sînt decît noţiuni relative; cît despre „centrul lumii", această noţiune nu mai are nici un sens: centrul se află pretutindeni şi nicăieri. De aceea, locuitorii altor aştri ar fi tot atît de îndreptăţiţi ca şi noi să se considere în centru.

Tot atît de îndreptăţiţi sau tot atît de puţin îndreptăţiţi. Căci în universul lui Bruno nu numai Pămîntul este asimilat planetelor, dar şi Soarele însuşi îşi pierde locul şi rolul privilegiat. El nu mai este decît centrul „maşinii"

noastre, o stea printre alte stele nenumărate, care sînt niște sori asemănători Soarelui nostru.

Rămîi uimit în fața îndrăznelii și radicalismului gîndirii lui Bruno, care opune peste tot infinitismul intelectului finitismului rațiunii aristotelice și care revoluționează imaginea tradițională a lumii și a realității fizice. El afirmă infinitatea universului, unitatea naturii, geometrizează spațiul, ceea ce duce la relativitatea mișcării: cosmosul medieval nu mai există. Am putea spune că el a fost aruncat în aer și a dispărut în vid, iar împreună cu el, și fizica lui Aristotel, lăsînd loc liber „științei noi" — a lui Galilei, Descartes, Newton — pe care, din păcate, Bruno nu a putut s-o întemeieze.

D. TYCHO BRAHE

OPOZIȚIA LUI TYCHO BRAHE FAȚĂ DE SISTEMUL COPERNICAN. Argumentele opuse de Bruno adversarilor săi care combat copernicanismul de pe poziții aristotelice, ni se par destul de convingătoare, deoarece noi acceptăm cosmologia infinitistă și ontologia spațiului din care ele își trag forța și seva. Dar tocmai pentru acest motiv, la timpul lor, ele nu au fost considerate convingătoare aproape de nimeni. Nu le-a acceptat nici Tycho Brahe, care opune copernicanului Rothmann vechile argumente tradiționale, îmbrăcate într-o haină modernă, și nici chiar Kepler care-l va combate pe Tycho Brahe, luînd apărarea lui Copernic și opunînd astronomului danez argumente noi, dintre care nici unul nu este luat din arsenalul lui Bruno. Explicația este că contemporanilor lui Bruno viziunea unui univers infinit li se părea cu totul arbitrară, neîntemeiată pe datele astronomiei și prin aceasta cu mult mai puțin acceptabilă decît sistemul lui Copernic pe care avea pretenția să-l sprijine.

Cazul lui Tycho Brahe ne arată ce obstacole mari trebuia să învingă noua astronomie și ne face să înțelegem că, de fapt, condiția esențială și prealabilă a acceptării ei generale era constituirea unei fizici noi, aceeași pentru lumea terestră și lumea cerului. Și dacă nu a izbutit să realizeze această unificare a „fizicii terestre" și a „fizicii cerești", Kepler a înțeles totuși perfect necesitatea ei. Inexistența unei asemenea fizici îl justifică pe Tycho Brahe. În sistemul său, planetele se mișcă în jurul Soarelui, iar Soarele în jurul Pămîntului, ceea ce, din punct de vedere matematic — dar nu și din punct de vedere fizic — înseamnă absolut același lucru ca sistemul lui Copernic. Fără îndoială, Tycho Brahe a protestat necontenit împotriva încercărilor de a interpreta sistemul său ca o modificare a sistemului lui Copernic și a afirmat întotdeauna că întreaga lui concepție s-a format direct pe baza datelor observabile. Rămîne totuși o realitate că Tycho Brahe și-a conceput sistemul după ce a luat cunoștință de opera lui Copernic — care schițează acest sistem ca o posibilitate — și după ce a acceptat critica sistemului lui Ptolemeu de către Copernic. Tycho ar fi acceptat, desigur, sistemul lui Copernic, dacă nu i s-ar fi părut de neînvins unele dificultăți. Printre acestea se numără,

fără îndoială, opoziţia dintre acest sistem şi învăţăturile Bibliei. Dar factorul decisiv care l-a împiedicat pe Tycho Brahe să adopte ideile lui Copernic au fost imposibilitatea de a descoperi paralaxele stelelor fixe, în pofida exactităţii mărite a observaţiilor, şi imposibilitatea de a admite mişcarea Pămîntului. Aceasta reiese clar din polemica sa cu Rothmann.

Combătîndu-l pe Rothmann, Tycho Brahe nu se mulţumeşte să repete argumentele clasice. El modernizează discuţia, făcînd apel la o invenţie răspîndită: tunul. Pentru el, egalitatea dintre bătăile tunului cînd se trage, în aceleaşi condiţii, spre est şi spre vest, este un argument decisiv împotriva ipotezei mişcării Pămîntului.

Din punctul de vedere al vechii fizici şi chiar din punctul de vedere al dinamicii *impetus*-ului pe care o susţine Bruno, argumentele lui Tycho sînt perfect valabile. De aceea el are dreptate spunînd că mişcarea Pămîntului nu poate fi admisă atît timp cît cineva nu va arăta, făcînd uz de argumente noi şi incontestabile, că mişcarea violentă nu este în nici un fel împiedicată sau frînată de mişcările naturale de rotaţie a Pămîntului şi de cădere spre Pămînt, cu alte cuvinte atît timp cît nu va fi stabilită o fizică nouă, bazată pe o concepţie nouă asupra mişcării. Argumentele lui Tycho Brahe vor fi pe larg discutate de Kepler şi de Galilei, dar numai acesta din urmă va fi în stare să le combată.

IMPORTANŢA ISTORICĂ A SISTEMULUI LUI TYCHO BRAHE. Opoziţia lui Tycho Brahe faţă de revoluţia copernicană nu trebuie să ne facă să ignorăm locul ocupat de sistemul său în conştiinţa timpului şi nici importanţa lucrărilor sale pentru dezvoltarea ulterioară a astronomiei. Într-adevăr, pentru astronomii din prima jumătate a secolului al XVII-lea, sistemul lui Tycho Brahe, care părea să îmbine avantajele sistemelor lui Copernic şi Ptolemeu, apărea ca un *al treilea* sistem al lumii — încă Pascal spune, într-un pasaj celebru, că îi vine greu să aleagă între cele *trei sisteme* — şi chiar ca un sistem superior în multe privinţe celorlalte două, întrucît îmbină fidelitatea faţă de experienţă şi faţă de bunul simţ comun, proprie sistemului lui Ptolemeu, cu eleganţa sistemului lui Copernic. Pe de altă parte, tocmai lucrările lui Tycho sînt cele care au dat loviturile cele mai hotărîtoare cosmologiei tradiţionale răsturnînd dogma imuabilităţii cerului şi distrugînd crugurile solide ale lui Peurbach şi Copernic, în sfîrşit, refăcînd din toate elementele o astronomie de observaţie, ale cărei date, de o precizie fără precedent, l-au condus pe Kepler la elaborarea unei *astronomii* şi nu numai a unei *cosmologii* — noi.

PRIMELE OBSERVAŢII ALE LUI TYCHO. REFORMA TABELELOR. Tycho Brahe (1546—1601) descinde dintr-o familie nobilă din Danemarca. Aparţinea deci unui mediu străin de orice preocupare ştiinţifică, nobilimea daneză, una dintre cele mai bogate şi în acelaşi timp una dintre cele mai inculte din Europa. Încă din copilărie a fost dominat de pasiunea astronomiei. Însufleţit de ideea că această ştiinţă permitea să se prevadă mişcările aştrilor cereşti, el a studiat-o cu zel mai întîi la Universitatea din Copenhaga, unde a intrat la vîrsta de 13 ani, apoi la universităţile din Leipzig, Rostock şi Basel.

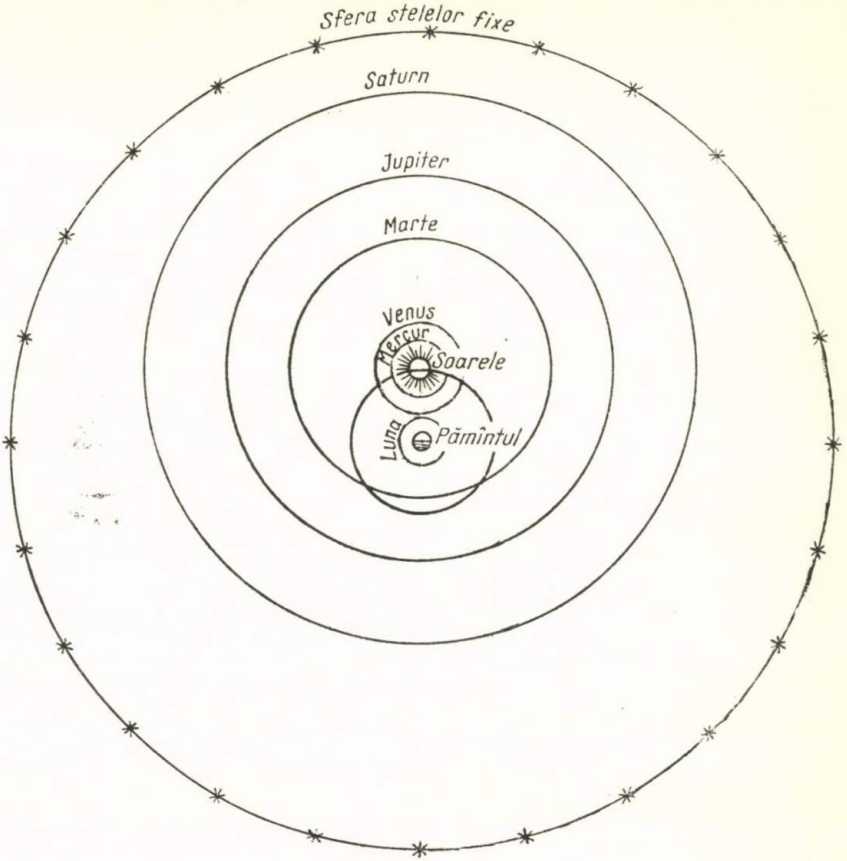


FIG. 6. UNIVERSUL LUI TYCHO BRAHE (DUPĂ O. VON GUERICKE, *EXPERIMENTA NOVA*, 1672)

Petrecea nopți întregi observînd cerul. La vîrsta de 17 ani (în 1563) a făcut prima sa observație importantă: observă conjuncția planetelor Saturn și Jupiter și constată, cu această ocazie, flagranta inexactitate a tabelelor de care dispunea știința astronomică.

Într-adevăr, lipsurile lor erau cunoscute de toată lumea și încă Bernhard Walther și Regiomontanus au încercat să le remedieze cu ajutorul unor noi observații. Planul lor a fost reluat de Reinhold, care a publicat celebrele sale *Tabele prusiene* (1551). Pentru a îmbunătăți aceste tabele noi, landgraful Wilhelm al IV-lea de Hessen-Kassel a construit în 1561 un observator și a întreprins (mai întîi singur, apoi, începînd cu 1577 cu ajutorul lui Cristopher Rothmann și al matematicianului ceasornicar Jost Bürgi) un lung șir de observații pentru determinarea poziției stelelor fixe, precum și a miș-

cării planetelor. Rezultatele acestor observații aveau să fie publicate de către Snellius în 1618.

Tycho a ajuns la convingerea că, în loc de a corecta tabelele vechi, trebuiau pregătite altele noi și că această muncă reclama o reformă a înseși metodelor de observație. Copernic socotise că, pentru instrumentele folosite în timpul său, o marjă de eroare de 10 min era un ideal inaccesibil. Tycho Brahe nu mai gîndește însă în minute, ci în secunde. De aceea, el își începe activitatea prin construirea unor aparate de observație cum n-a avut nimeni pînă la el: primul dintre aceste aparate a fost marele cvadrant, pentru măsurarea înălțimii aștrilor, cu o rază de 19 picioare. Cvadrantul a fost construit la Augsburg (unde Tycho Brahe a locuit între 1569 și 1570) cu ajutorul primarului acestui oraș. Pentru a putea determina distanțele unghiulare, Tycho Brahe pune să se construiască un sextant cu raza de 51/2 picioare, iar pentru a marca rezultatele observațiilor sale, un mare glob cu diametrul de 5 picioare; este o dovadă evidentă a faptului că la acea epocă el concepuse proiectul unei revizuiri totale a hărții cerului.

NOVA DIN 1572 ȘI COMETA DIN 1577. INFLUENȚA LOR ASUPRA FORMĂRII SISTEMULUI LUI TYCHO BRAHE. Primele lucrări ale lui Tycho Brahe, întors între timp (în 1570) în Danemarca, au avut drept obiectiv observarea novei din 1572 și a marii comete din 1577.

Apariția acestei nove, a cărei strălucire o depășea pe cea a stelei Sirius și chiar pe cea a planetei Venus, a produs asupra contemporanilor o impresie profundă. Trebuia determinat mai întîi dacă aceasta era într-adevăr o stea — ceea ce contravenea dogmei imuabilității cerului — sau numai o cometă, adică un fenomen aparținînd, așa cum se considera pe atunci, lumii sublunare.

Nova a rămas vizibilă pînă în martie 1574, dar încă în 1573 Tycho Brahe a demonstrat că, întrucît nu a putut fi pusă în evidență o paralaxă observabilă a noii stele, ea trebuia să fie plasată dincolo de sfera lui Saturn, la o distanță de Pămînt egală cu cel puțin 13 000 de semidiametre terestre (Tycho considera că raza sferei lui Saturn este egală cu 12 300, iar raza stelelor fixe — cu 14 000 semidiametre). Era deci o stea adevărată și apariția ei — o creație nouă — contrazicea formal axioma imuabilității cerului. (Tycho a consemnat concluziile sale în lucrarea *De nova stella*, pe care a publicat-o la Copenhaga în 1573. Ea a reapărut, extinsă, în 1603 în lucrarea lui postumă *Astronomiae instauratae progymnasmata*). Și mai importantă a fost apariția marii comete din 1577. Nu pentru că ea a produs asupra contemporanilor o impresie profundă și a dat naștere unei vaste literaturi de inspirație astrologică, ci pentru că a fost prima cometă observată în mod sistematic și serios de oameni de știință, în special, la Tycho Brahe și Mästlin, care au stabilit, fiecare separat, că paralaxa cometei este foarte mică și că deci ea se găsea nu numai în afara sferei Lunii, ci și în afara celei a planetei Venus. Natura supralunară sau cerească a cometelor — un nou element de schimbare introdus în ceruri — nu a fost admisă fără

rezistență. Lucru curios și paradoxal, printre adversari se găsea Galilei. Afară de aceasta, Tycho a găsit că traiectoriile diverselor comete pe care le-a putut observa intersectau crugurile planetelor. Aceasta l-a făcut să se îndoiască de existența reală a acestor cruguri și l-a determinat, în cele din urmă, să renunțe complet la ele. Fără doar și poate, faptul acesta nu era cu totul nou: averroiștii, urmați de Pontus de Tyard și de Péna, au afirmat că cercurile din astronomia lui Ptolemeu nu erau decît simple construcții matematice; totuși marea masă a astronomilor — și a filozofilor — credea în existența unor sfere solide. „Sfărîmarea" lor de către Tycho Brahe marchează astfel o dată importantă.

Lui Tycho Brahe aceasta i-a permis ca în planul lumii sale, în care corpurile cerești se mișcă liber în spațiu, să nu mai atribuie fiecărei planete o regiune proprie: el a lăsat planetele să încalce teritoriile vecinelor lor, ceea ce i-a permis să reducă dimensiunile acestor teritorii. Universul lui Tycho Brahe este cel mai mic dintre toate; el este mai mic nu numai decît cel al lui Copernic, dar este de două ori mai mic ca volum și decît universul lui Ptolemeu. S-ar putea spune să sfera lumii s-a restrîns, înainte de a izbucni în infinit.

Tycho Brahe n-a dat publicității descoperirile sale cu privire la cometa din 1577 decît în 1588, cînd a apărut *De mundi aetherei recentioribus phaenomenis liber secundus*, lucrare care conține și o trecere în revistă critică a principalelor concluzii ale oamenilor de știință asupra acestei comete, precum și o schiță a sistemului său al lumii, sistem despre care ne spune că l-a găsit „ca printr-o inspirație" în 1583.

Această întîrziere i-a pricinuit neplăcerea de a-l vedea pe Nicolai Reymers zis Ursus (Bär) — care-i făcuse o vizită cu cîțiva ani în urmă — propunînd un sistem al lumii (*Fundamentum astronomicum*, Strasbourg, 1588) în care Tycho a avut impresia că recunoaște sistemul său, întrucîtva modificat. Într-adevăr, după Ursus, planetele se mișcau în jurul Soarelui, iar Soarele în jurul Pămîntului, dar el atribuia și Pămîntului o mișcare de rotație. Tycho Brahe îl acuză de plagiat. Ursus, care între timp devenise matematician al curții imperiale, răspunse printr-un pamflet de o violență extremă, acuzîndu-l, la rîndul său, pe Tycho de a fi plagiat pe Apollonios (al cărui sistem a fost expus de Copernic) și pe... el însuși (*De astronomicis hypothesibus*, Praga, 1597).

OBSERVATORUL DE LA URANIBORG. Întîrzierea publicării lucrării *De mundis aetherei...* se explică prin faptul că în 1576, la sugestia lui Wilhelm al IV-lea de Hessen-Kassel, regele Danemarcii, Frederic al II-lea, i-a făcut lui Tycho Brahe un dar cu adevărat regesc. El i-a oferit insula Hveen, cu toate veniturile pe care le aducea, precum și alte fiefuri, i-a acordat o pensie și a luat asupra sa toate cheltuielile pentru construirea unui laborator, cumpărarea de instrumente necesare echipării acestuia etc. Anii care au urmat au fost folosiți de Tycho pentru construirea castelului său din

Uraniborg, care avea să servească drept locuinţă pentru el împreună cu familia lui, şi pentru asistenţii săi, şi avea să adăpostească observatorul şi laboratorul de chimie. Tot în această perioadă el se ocupă de fabricarea şi instalarea aparaturii necesare şi realizează programul de observare sistematică a cerului pe care şi-l trasase. Abia după mulţi ani se va gîndi la publicarea unor lucrări, instalînd în acest scop şi o tiparniţă specială, în 1584.

Instrumentele lui Tycho Brahe, pe care ni le-a descris în lucrarea *Astronomiae instauratae mechanica* (Wandsbeck, 1598), erau atît de numeroase, încît la patru ani de la construirea castelului de la Uraniborg, el îl completează cu o anexă, Stierneborg, care avea şi camere de observaţie subterane, pentru a le feri de variaţiile atmosferice — formează un ansamblu impresionant de sfere armilare (simplificate şi perfecţionate de Tycho), de cvadranţi, sextanţi, totul fixat pe suporturi de piatră şi de lemn. Avea de asemenea un fel de teodolit aşezat pe un suport sferic şi un mare cvadrant mural fix pentru observarea trecerii aştrilor la meridian.

VALOAREA OBSERVAŢIILOR ASTRONOMICE ALE LUI TYCHO BRAHE. Marele merit al lui Tycho Brahe nu constă însă în precizia şi perfecţiunea observaţiilor individuale, ci în caracterul lor, sistematic şi constant. Într-adevăr, el a fost unul dintre primii care au înţeles că observaţiile sporadice, oricît de precise ar fi, nu sînt suficiente şi că cerul şi aştrii trebuie observaţi în mod continuu, noapte de noapte. El considera că abia după refacerea hărţii cerului şi după acumularea unui număr suficient de observaţii se putea trece la elaborarea teoriei mişcării planetelor. Practic, el a consacrat observaţiei toţi cei douăzeci de ani petrecuţi la Hveen. Ca urmare, catalogul său de stele va constitui o parte a tabelelor pe care Kepler avea să le editeze în 1627 sub numele de *Tabulae Rudolphinae*. Tot în *jurnalele* de observaţie ale lui Tycho Brahe, Kepler va găsi şi datele — cele zece opoziţii ale planetei Marte — care-i vor permite să rezolve enigma mişcării acestei planete şi în felul acesta să reformeze astronomia.

Observaţiile lui Tycho ating o precizie fără îndoială de nedepăşit pentru un observator care nu dispune de un telescop. Ele au fost ameliorate abia peste o sută de ani de către Flamsteed, care a folosit telescoape relativ puternice. Tycho a determinat poziţiile celor nouă stele principale de pe harta cerului întocmită de el cu o eroare de mai puţin de un minut, eroare datorată cunoaşterii imperfecte a refracţiei atmosferice. Durata anului tropic evaluată de el nu diferă de valoarea exactă decît cu o secundă. Pentru precesia echinocţiilor, el găseşte a valoare de 51″ şi, în plus, debarasează astronomia de concepţia greşită a trepidaţiei; eclipticii îi atribuie o înclinaţie de 23°31′; el plasează longitudinea apogeului Soarelui la o distanţă de 95°30′ de punctul vernal şi deşi atribuie acestuia o mişcare anuală prea mică

(45″ în loc de 61″), în comparație cu predecesorii săi, și în special cu Copernic care a găsit valoarea de 24″, eroarea era cu aproape două treimi mai mică.

Excelent observator, Tycho Brahe n-a fost un teoretician de o prea mare anvergură și dacă a îmbunătățit teoria Lunii (descriind, în plus, două noi anomalii ale mișcării acesteia: „variația" și ecuația anuală), în schimb nu a făcut aproape nimic în ceea ce privește teoriile mișcărilor planetelor. În afară de aceasta, obsedat, pare-se, de dorința de a da Lumii dimensiunile cele mai mici posibile, el a micșorat sistematic distanțele (și volumele) corpurilor cerești și l-a acuzat pe Copernic că a plasat Soarele prea departe de Pământ și că l-a făcut prea mare.

DIZGRAȚIA ȘI EXILUL LUI TYCHO. ULTIMELE SALE LUCRĂRI. Tycho Brahe pare să fi fost un om destul de dezagreabil și un gospodar nepriceput. Avea mereu nevoie de bani, cheltuia mult și făcea datorii. Cînd a trăit regele Frederic al II-lea, lucrurile se aranjau în cele din urmă. Situația s-a schimbat însă în 1588, o dată cu venirea la tron a lui Christian al IV-lea. Consilierii regelui au plătit datoriile — foarte mari — contractate de Tycho, dar i-au interzis să mai facă altele. Cîtva timp Tycho Brahe s-a descurcat datorită unei frumoase moșteniri; a înființat chiar și o fabrică de hîrtie și a tipărit în 1596 corespondența sa științifică. Treptat însă, situația s-a înrăutățit. Unul cîte unul, fiefurile i-au fost luate. În 1597 i s-a suprimat chiar și pensia pe care i-o acordase Frederic al II-lea.

În aceste condiții, Tycho hotărăște să abandoneze Uraniborgul, la care ținea mult, și să se mute la Copenhaga. De aici, el pleacă în Germania, mai întîi la Rostock, apoi la Wandsbeck, unde rămîne aproape un an, și unde tipărește admirabila sa *Astronomiae instauratae mechanica* (1598, in-folio). Exemplarele acestei lucrări au fost distribuite acelora dintre puternicii zilei pe care i-ar fi putut interesa soarta astronomiei... și cea a lui Tycho Brahe. Exemplarului destinat împăratului Rudolf al II-lea i-a fost anexat un catalog manuscris cu pozițiile a 1000 de stele, dintre care 777 indicate cu toată grija, iar celelalte adăugate în grabă.

În 1598, Rudolf al II-lea îl anunță că are de gînd să-l numească matematician imperial și să-i pună la dispoziție toate cele trebuincioase. Instalarea în Boemia a cerut destul de multă trudă. Încetul cu încetul, lucrurile și-au reluat însă cursul normal. În 1601, echipa lui Tycho, slăbită prin plecarea adjunctului său Longomontanus, dar întărită prin includerea lui Kepler, se apucă din nou de lucru. S-a reluat imprimarea lucrării *Astronomiae instauratae progymnasmata* (care a apărut în 1602 la Praga), însoțită de catalogul cu cele 777 de stele ale lui Tycho Brahe; s-a început elaborarea *Tabelelor Rudolfiene*, partea cea mai grea a acestora — studiul mișcărilor planetei Marte — fiind încredințată lui Kepler.

Viitorul se anunța strălucit. Tycho Brahe moare însă la 24 octombrie 1601. Rudolf al II-lea îi face o înmormîntare somptuoasă și-l însărcinează pe Kepler să-i continue opera.

■

Kepler a considerat totdeauna întîlnirea sa cu Tycho Brahe drept o întîmplare pusă la cale de providența divină. Dacă ne gîndim la urmările acestei întîlniri — nașterea noii astronomii — și la întîrzierea la care, fără ea, ar fi fost expusă evoluția gîndirii științifice, sîntem tentați să-i dăm dreptate și să vedem mîna providenței chiar și în moartea lui Tycho. Într-adevăr, el își îndeplinise opera: a adunat și a transmis lui Kepler materialele care îi vor permite să înlocuiască cinematica astrală, al cărei ultim și cel mai pur reprezentant a fost Tycho, cu o fizică cerească. Lui Tycho nu-i mai rămăsese decît să dispară; iar o dată cu el a dispărut și astronomia cinematică.

CAPITOLUL III
Fizica

A. FIZICA ÎN SECOLUL AL XV-LEA

Istoria fizicii în decursul celor o sută cincizeci de ani care-l separă pe Nicolaus Cusanus de Simon Stevin nu a avut caracterul dramatic pe care l-a vădit istoria matematicii sau a astronomiei. Ea se referă la un domeniu în care se depun eforturi dispersate și discontinue în căutarea unui obiect precis. Revoluția științifică, pe care — cel puțin retrospectiv — o vedem pregătindu-se în cursul acestei perioade, se va produce abia mai tîrziu, în secolul al XVII-lea, fiind legată de astronomia copernicană, care formează „prologul ei în ceruri" și implică o răsturnare mult mai profundă a gîndirii, o prefacere mult mai radicală a fundamentelor sale axiomatice și a cadrului său conceptual decît revoluția algebrică sau chiar cea astronomică.

Afară de aceasta, reluarea contactelor cu marile opere antice nu a avut numai efecte favorabile. Într-adevăr, în afară de Arhimede, care nici el nu a făurit decît o *statică*, antichitatea nu a furnizat un model pentru elaborarea unei științe exacte, adică matematice, a naturii. Heron și Vitruviu puteau să-i inspire pe practicieni, dar nu aveau de oferit mare lucru (în afară doar de doctrina vidului) teoreticienilor. În schimb, fizica lui Aristotel, completată prin cea a *Problemelor de mecanică*, se prezenta ca o construcție teoretică foarte bine echilibrată, în profund acord cu sensul comun și cu experiențele vieții cotidiene și putea oferi o bază solidă raționamentelor și activității practicianului. Iată de ce aventura fizicii, în epoca pe care o considerăm, este dominată de verificarea construcției aristotelice și a doctrinei sale generale asupra mișcării, adică de ceea ce este pentru noi Mecanica.

Fără îndoială, mecanica aristotelică avea un punct slab: explicarea mișcării mobilelor separate de motoarele lor prin reacția aerului ambiant era neverosimilă. Dar teoria *impetus*-ului, inaugurat de Ioanes Philoponos și dezvoltată în evul mediu mai ales de nominaliștii parizieni, părea să fie în stare să dea o explicație mai bună acestor fapte, putînd lua locul explicației lui Aristotel, fără a distruge cadrul general al concepției acestuia. De aceea, această teorie a căpătat o largă răspîndire în evul mediu în cadrul doctrinei aristotelice și, la sfîrșitul acestei epoci, cu excepția averroiștilor din Padova, care urmează litera ortodoxă a doctrinei aristotelice și a cîtorva alexandriști întîrziați, toți sînt — mai mult sau mai puțin — partizani ai acestei teorii.

1. Nicolaus Cusanus

IDEILE LUI ASUPRA MIȘCĂRII. Acesta este și cazul lui Nicolaus Cusanus, care în lucrarea sa *Dialogus trilocutorius de Possest* (1454?) se alătură net concepției tradiționale potrivit căreia *impetus*-ul este o entitate esențialmente trecătoare în luptă cu puterile naturale. Manifestînd interes pentru sfîrlează, acest autor celebru vede în efectul giroscopic rezultatul „supranatural" al „spiritului vieții", insuflat de către jucător ca *impetus impressus* al rotației. Acest spirit motor se epuizează și atunci sfîrleaza cedează tendinței naturale spre cădere.

Într-o scriere ulterioară — dialogurile *De ludo-globi* — Nicolaus Cusanus va emite totuși ideea caracterului natural al mișcării de rotație a oricărei sfere perfecte în jurul propriului său centru. Fără îndoială, jocul asupra căruia el se oprește și care constă în a atinge niște popice dispuse în spirală cu ajutorul unei „ghiulele" emisferice ușor scobite înspre partea sa plană, nu este născocirea lui. Dar dacă el împrumută în același timp din folclorul popular și din tradiția științifică *(Aristotelis Problemata)*, efortul lui Cusanus de a înțelege acest joc ciudat și traiectoria în formă de spirală în întregime curbilinie, pe care jucătorii îndemînatici reușesc s-o realizeze, merită atenție. Partea compactă a ghiulelei, spune el, întîrzie mișcarea părții circulare care se rostogolește pentru că este grea și atrage spre ea această mișcare ca spre un centru. Nu este deci adevărat — după cum s-a afirmat — că Nicolaus Cusanus nu caută explicația decît în forma proiectilului. Această formă explică în concepția lui acțiunea gravitației și, ceea ce este într-adevăr foarte remarcabil, explică în acest text apariția unui fel de compunere a *impetus*-urilor, a celui al rotației și a celui al căderii. Continuarea la infinit a mișcării unei bile perfecte pe un plan orizontal și ridicarea rotației unei sfere în jurul centrului său la rangul de mișcare naturală sînt pentru Nicolaus Cusanus consecințe ale formei sferice, dar aceasta se întîmplă fiindcă în ambele cazuri situația impusă centrului elimină pentru *impetus*-ul gravitației orice rațiune de a interveni, în timp ce în fiecare clipă se reproduc *aceleași* condiții ca și la începutul mișcării.

Prin influența lor asupra lui Leonardo da Vinci și Copernic, aceste idei au jucat un rol de o importanță evidentă.

INTRODUCEREA MĂSURII ÎN FIZICĂ. Nicolaus Cusanus a știut să conceapă unitatea universului, ceea ce implică comparabilitatea tuturor părților care îl constituie (sau pe care el le cuprinde) și a văzut în comparație și măsură acte proprii rațiunii noastre. *Mensura* vine de la *mens*, repetă el. Spiritul lui fecund ajunge de aici la ideea întemeierii studiului naturii pe măsurare și într-un mod cu totul special pe determinarea *greutății* diverselor produse ale naturii.

Balanța apare astfel, prin excelență, ca un instrument de măsură și, în curiosul său dialog *De staticis experimentis* (Despre experiențele statice 1450), Nicolaus Cusanus ne explică că folosirea balanței are cele mai variate aplicații în fizică, în meteorologie, în medicină. Astfel, cîntărind sîngele și

urina unor persoane tinere și vîrstnice, ale unor bolnavi și ale unor oameni sănătoși, putem să obținem mai ușor diagnosticul bolii. Din variațiile de greutate ale unei bucăți de lînă putem să deducem gradul de umiditate sau de uscăciune a aerului și să cîntărim astfel și aerul. Putem, de asemenea, cîntări aerul, fie din diferența de greutate dintre o băşică umflată și una goală, fie studiind variațiile duratei de cădere a unor greutăți, de preferință egale, lansate de pe vîrful unui turn. Pentru a măsura timpul de cădere, cît și pentru a măsura viteza pulsului unui bolnav, Nicolaus Cusanus folosește un fel de clepsidră deschisă, cîntărind apa acumulată în timpul experienței, exact cum va face Galilei în experiențele sale cu planul înclinat. Se poate, de asemenea, măsura adîncimea apei, determinînd timpul de ridicare a unui obiect ușor de pe fundul vasului; sau viteza unei nave prin timpul necesar unui obiect lăsat liber să se miște de la proră la pupă.

Nicolaus Cusanus nu este totdeauna atît de bine inspirat în proiectele sale de aplicare a măsurii. Dar, în profida naivității unor procedee propuse de el, ideea este profundă și posteritatea va trage din ea foloase.

2. Tradiția Parisului și a Oxfordului

Cîțiva teoreticieni scolastici au continuat în secolul al XV-lea tradiția logicienilor și a cinematicienilor medievali, comentînd și editînd operele lor și aducîndu-le chiar unele precizări terminologice și conceptuale.

Știm din studiile lui Pierre Duhem că teoreticienii de la Paris și de la Oxford — Oresme, Swineshead, William de Heytesbury — au făcut distincție între mișcare *(motus)*, viteza acesteia *(latitudo motus* sau *velocitas)* și chiar accelerația mișcării *(latitudo acquisitionis latitudinis motus)*. Gaetan de Tiène procedează la fel, urmîndu-l în special pe Heytesbury și mai ales pe un oarecare Messino.

În tratatul său *De motu locali*, Ange de Fossombrene distinge, de asemenea, mișcarea *(motus)* de *intensio motus* și viteza mișcării *(velocitas motus)* de *velocitas intensionis motus*. Comentariile sale arată că el concepe limpede noțiunile de mișcare locală uniformă și mișcare uniform (sau neuniform) accelerată.

MIȘCAREA „UNIFORM DIFORMĂ" ȘI GÎNDIREA MEDIEVALĂ. Duhem are deci dreptate atunci cînd identifică expresiile „mișcare uniform accelerată" și „mișcare uniform diformă" și afirmă că, în mijlocul quattrocento-ului, învățații italieni cunoșteau „legile mișcării uniform accelerate sau uniform întîrziate". Numai că „nici unul dintre ei (nici măcar Leonardo da Vinci — vom adăuga noi) nu a avut ideea de a admite că și căderea corpurilor este o mișcare uniform accelerată și prin urmare nici ideea de a-i aplica aceste legi". Dacă nici unul dintre scolastici, cu excepția doar a lui Domenico Sotto, nu „s-a gîndit să caute în mișcarea de cădere proprietățile... latitudinii uniform diforme", aceasta s-a întîmplat fiindcă pentru un teoretician din evul

mediu între aceste două noţiuni exista întreaga distanţă care separă abstracţia matematică de realitatea fizică.

Istoricul modern nu manifesta prea mult interes pentru discuţiile — lipsite de sens pentru el — ale logicienilor medievali. Ceea ce atrage atenţia sa, într-un mare volum consacrat studiului *latitudinii formelor*, sau *Calculaţiilor*, sau *Predicatelor*, sau *Sofismelor* este partea care tratează mişcarea şi chiar mişcarea locală. De aceea el este înclinat să uite că această mică parte a lucrării nu prezintă pentru autorul ei decît un interes cu totul secundar. Într-adevăr, mişcarea locală nu este decît un caz special al mişcării, adică al *schimbării*, caz care nu este privilegiat în raport cu *mişcarea* de creştere, de alterare, de naştere şi de corupere etc.; de aceea, teoria pe care caută s-o dezvolte calculatorul medieval tinde să cuprindă nu numai „mişcările" temperaturii, luminii şi sunetului, supuse din punctul său de vedere fenomenelor de *intensio* şi de *remissio*, exact la fel ca şi *motus localis*, ci şi „mişcările" foarte puţin susceptibile pentru noi de a fi tratate ca atare, cum ar fi „mişcarea" de intensificare a acţiunii graţiei divine sau a poftelor unui suflet păcătos.

PROBLEMA FIZICĂ A MIŞCĂRII PROIECTILELOR. Cît despre „fizicieni", ei se ocupă de cu totul alte lucruri: de problema aruncării proiectilelor, de acceleraţia corpurilor în mişcare, de rolul reacţiei aerului, de natura *impetus*-ului, de interpretarea faimoasei teze a dinamicii aristotelice, conform căreia viteza unui corp este proporţională cu forţa motorului şi invers proporţională cu forţa de rezistenţă. Această din urmă discuţie duce la analiza rolurilor respective, al *impetus*-ului şi al greutăţii în cazul aruncării verticale. Se admite, în general, că un corp se ridică atîta timp cît forţa *impetus*-ului lui este mai mare decît forţa greutăţii şi că viteza ascensională depinde de diferenţa (inegalitatea) dintre cele două forţe: această diferenţă scade constant ca urmare a slăbirii *impetus*-ului, din care pricină în sus mişcarea devine din ce în ce mai lentă. Cînd forţa greutăţii depăşeşte *impetus*-ul, corpul începe să coboare şi viteza sa creşte pe măsură ce creşte diferenţa dintre forţa greutăţii şi cea a *impetus*-ului.

Astfel, pentru aruncarea verticală, această teorie admite îmbinarea sau compunerea *impetus*-ului violent cu *impetus*-ul natural, compunere care este declarată imposibilă în cazul aruncării orizontale. Între ridicare şi coborîre, aşa cum afirmă Aristotel şi cum va repeta pînă la mijlocul secolului al XVII-lea toată lumea, cu excepţia lui Benedetti, trebuie să apară în mod necesar un moment cînd corpul nu mai urcă, dar nici nu coboară, deci un moment de imobilitate. Această noţiune de *quies media* îşi are originea în sensul comun. Este chiar un fapt dat de experienţă. Nu vedem oare, Louis Vives *dixit*, că o săgeată trasă în aer se opreşte o clipă înainte de a recădea?

De asemenea, nu este oare un fapt observat în practică creşterea vitezei proiectilului în primele momente ale cursei sale, ceea ce afirmă în unanimitate arcaşii, archebuzierii şi tunarii? Jean Dullaert şi Luiz Coronel îl neagă totuşi, deşi sînt de acord că ghiuleaua loveşte cu mai multă forţă obiec-

tele mai depărtate de tun decît cele din imediata lui vecinătate. Explicația este că „pentru același mobil nu există un raport fix între violența loviturii și viteza mișcării".

3. Leonardo da Vinci

Să ne întoarcem acum spre opera lui Leonardo da Vinci, incontestabil, cea mai originală și cea mai nouă din toată această epocă. Desigur, nu este cazul să-i atribuim descoperirea unor lucruri pe care nu putea să le descopere, cum este principiul inerției și legea căderii corpurilor. Dar chiar fără a cădea în exagerarea unei interpretări moderne și completate de imaginație, la activul lui Leonardo rămîn destule lucruri interesante, chiar dacă unele afirmații ale lui sînt false, și destule descoperiri importante, chiar dacă nici consecințele lor, nici premisele lor nu au fost clar enunțate de el, pentru ca să nu fie justificată atitudinea critică a unor istorici moderni.

DE LA TEHNICĂ LA ȘTIINȚĂ. Leonardo da Vinci a fost un geniu fără egal în materie de tehnologie. În opera lui, tehnica se transformă în tehnologie. Această transformare este enunțată de faimoasele lui sentințe despre preponderența absolută a experienței — al cărei discipol se proclamă el — față de speculația pură și cunoașterea livrescă și pe care el o consideră totuși temelia pentru construirea teoriei care rezultă din ea și o înlocuiește. Această transformare o proclamă declarația sa celebră despre mecanică ca paradis al matematicii, în care matematica își poartă roadele și care, în felul acesta, din artă empirică devine știință aplicată, știință închisă astfel pentru toți cei care nu sînt geometri. Această transformare este realizată de numeroasele lui desene și proiecte de mașini, care adesea devansează epoca sa și care de fiecare dată nu ne oferă imagini, așa cum fac culegerile tehnice din secolele XV și XVI, ci scheme calculate și reprezentate la scară, ca figurile din geometrie. Astfel, se poate spune că dacă geometria lui Leonardo da Vinci este adesea aceea a unui inginer, arta sa de inginer este totdeauna aceea a unui geometru.

Cu tot elogiul lui la adresa teoriei, Leonardo nu a scris nici o lucrare de teorie. Sau, cel puțin dacă a scris vreuna, ea nu ne-a parvenit.

Ceea ce posedăm, în schimb, sînt o mulțime de fragmente de date nesigure care se repetă, se completează sau se contrazic și al căror studiu — deși astăzi înlesnit din punct de vedere material prin admirabila ediție a culegerii *Scritti della mecanica*, îngrijită de M. Guido Ucelli (Milano, 1940) — rămîne dificil din cauza caracterului lor fragmentar, a impreciziei în terminologie și a formulărilor vagi pe care le conțin. Aceeași observație este valabilă pentru manuscrisele descoperite în 1966 la Madrid. Astfel, aportul lui Leonardo la „scientia della mecanica" nu trebuie căutat în formele generale sau în definiții, ci în analiza unor cazuri concrete sau semiconcrete și în desenele care le însoțesc, desene care ne permit adesea să înțelegem mai bine gîn-

direa lui. Forţa lui Leonardo nu constă în gîndirea abstractă, ci în viziunea uimitor de ascuţită a cazurilor concrete.

STATICA MAŞINILOR SIMPLE. Mecanica lui Leonardo se întemeiază pe principiile aristotelice sau pe cele enunţate în *Probleme de mecanică* cu unele îndreptări sau completări — în special teoria *impetus*-ului — aduse de teoreticienii din evul mediu.

Principiul pe care se bazează statica lui Aristotel şi pe care noi îl numim „principiul vitezelor virtuale", este suficient, după cum se ştie, pentru a explica funcţionarea maşinilor simple: scripetele, mufla, pîrghia, balanţa etc. Leonardo pare să apeleze uneori la ceea ce numim noi „principiul deplasărilor virtuale". Ar fi însă greşit să-i atribuim conştiinţa clară a unei alegeri. De fapt, înainte de Descartes nimeni nu a fost în stare să înţeleagă clar diferenţa esenţială dintre cele două puncte de vedere.

În schimb, Leonardo înţelege cît se poate de bine funcţionarea maşinilor simple. Aceste maşini, în special pîrghia şi balanţa, devin pentru el modele raţionale care exemplifică relaţiile fundamentale la care el caută să reducă toate problemele de echilibru.

El vede că forţa exercitată de o greutate plasată la extremitatea unei pîrghii scade cînd această pîrghie se îndepărtează de poziţia orizontală şi că ea este proporţională cu distanţa de la această extremitate pînă la verticala care trece prin punctul de rotaţie al pîrghiei *(pîrghie potenţială)*. Rezultă de aici că într-o balanţă cotită nu intervine lungimea braţelor *reale*, ci aceea a braţelor potenţiale. Ca toţi predecesorii săi, Leonardo s-a ocupat mult de planul înclinat. Studiind condiţiile de echilibru a două corpuri grele legate printr-un fir şi plasate pe două plane înclinate concurente, el arată că aceste corpuri se vor afla în echilibru, dacă greutăţile lor sînt proporţionale cu „oblicitatea" planurilor, mărime pe care, din păcate, o determină inexact. Totuşi un desen din *Manuscrisul H*, comparabil prin claritatea sa cu celebra schemă a lui Stevin[1], îndreaptă această eroare şi arată că greutatea relativă a unui corp aflat pe un plan înclinat este invers proporţională cu lungimea planului (în raport cu înălţimea lui).

Cercetările lui Leonardo asupra corpurilor suspendate de un fir şi asupra tensiunilor din fir pricinuite de greutatea corpurilor suspendate nu au fost prea izbutite. Totuşi unul dintre studiile întreprinse în acest domeniu îl conduce la reprezentarea paralelogramului forţelor. Această descoperire ar fi avut o importanţă capitală dacă el ar fi ştiut să-şi generalizeze soluţia, ceea ce nu o face. O dată mai mult, intuiţia genială nu este însoţită de o putere de abstractizare teoretică corespunzătoare.

DINAMICA LUI LEONARDO ŞI MIŞCAREA CURBILINIE. Dinamica constituie partea cea mai importantă şi cea mai originală a operei ştiinţifice a lui Leonardo da Vinci. Din păcate, într-o măsură şi mai mare decît în cazul stati-

[1] Notăm, în treacăt, că desenul lui Leonardo este desenul unui inginer; el interpune nişte suluri pentru a suprima frecarea dintre corpul situat pe planul înclinat şi planul însuşi. — *N.A.*

cii, interpretarea ei a fost falsificată de tendința hagiografică a majorității istoricilor.

De fapt, dinamica lui Leonardo, așa cum a stabilit P. Duhem, este aceea a *impetus*-ului, și forma concretă pe care el i-o dă atestă influența lui Albert de Saxonia și a lui Nicolaus Cusanus. El împrumută de la primul modul de evaluare a raportului dintre forța motrice și rezistența internă sau externă a mobilului în mișcare; de la cel de al doilea, noțiunea de *impetus* compus. *Impetus*-ul este pentru Leonardo „o virtute creată de mișcare" și „imprimată de motor în mobil." Această imprimare se poate produce în diferite feluri, dar în toate cazurile este vorba despre o forță care acționează asupra mobilului și care produce în el ceva asemănător cu ea, o putere derivată. Fiind un produs al forței care-l generează și pe care el o încarnează, *impetus*-ul se epuizează în și prin producerea mișcării.

Astfel, mișcarea unui proiectil se descompune în trei faze: prima, în care predomină violența: proiectilul se mișcă în linie dreaptă; a doua, în care violența proiectării și tendința naturală de a se lăsa în jos — efect al greutății — intră în luptă și acționează amîndouă, din care pricină proiectilul descrie un segment de cerc; și a treia, în timpul căreia natura reintră în drepturile ei: corpul cade în linie dreaptă spre centrul lumii (fig. 7, p. 102).

În cazul emisferei care se rostogolește pe un plan, Leonardo, apropiindu-se într-o măsură mai mare de Nicolaus Cusanus, suprimă partea rectilinie a traiectoriei. Această recunoaștere a faptului că o traiectorie poate să fie *în întregime* trasată de o mișcare *mixtă* are o importanță capitală și dacă Leonardo ar fi aplicat această intuiție în cazul aruncării proiectilelor, el l-ar fi devansat pe Tartaglia cu o jumătate de secol. Din păcate, nu a făcut-o, deși el a admis posibilitatea unor mișcări în întregime curbilinii, cum sînt jeturile de apă, și deși el ajunge chiar de aici — o singură dată — să abandoneze teza fundamentală a caracterului rectiliniu al mișcării violente, afirmînd că:

„Orice lucru mișcat cu violență va urma în aer linia de mișcare a motorului său; deci dacă acesta mișcă lucrul în cerc și dacă lucrul este lăsat în voia mișcării, mișcarea lui va fi curbilinie".

ACCELERAȚIA CĂDERII CORPURILOR GRELE ȘI REZISTENȚA AERULUI. Leonardo admite principiul aristotelic potrivit căruia mișcarea și viteaza sa sînt funcții de raportul dintre forța motrice și rezistența opusă mișcării: unei forțe duble îi corespunde o mișcare (sau o viteză) dublă, un corp de două ori mai greu va cădea de două ori mai repede. Axioma lui Aristotel poate fi interpretată într-un fel mai subtil, ținînd seama, într-o măsură mai mare, de rolul rezistenței opuse mișcării. Proporțiile fundamentale vor fi în acest caz căutate nu în raporturile dintre forță și rezistență, ci în acelea dintre excedentele forțelor asupra rezistențelor. În reflecțiile sale asupra căderii corpurilor, Leonardo adoptă adesea această concepție. Reacția aerului își exercită efectul în sensuri opuse: pe de o parte ea favorizează accelerația mișcării de cădere, datorită unei unde directe care se propagă înaintea cor-

pului şi micşorează rezistenţa pe care el o întîmpină şi unei unde reflectate care, înconjurînd corpul, îl împinge dinapoi. Pe de altă parte, aerul se împotriveşte mişcării, şi anume într-un fel neuniform, deoarece „grosimea" aerului nu este uniformă. Iată de ce mişcarea de coborîre nu este în sine nici uniformă, nici măcar uniform accelerată; constanţa acceleraţiei se realizează printr-un mecanism de compensaţie pe care Leonardo îl explică îndelung, confundînd rolul *timpului* cu acela al *spaţiului* parcurs.

De altfel, pentru Leonardo — şi cred că aceasta este sursa fundamentală a eşecului său — axa raţionamentului nu o formează nici timpul şi nici spaţiul, ci mişcarea. Or, această noţiune este dificilă şi complexă. Fiind în acelaşi timp temporală şi spaţială, mişcarea implică concomitent deplasare şi viteză, noţiuni pe care spiritul are tendinţa de a le considera ca fiind absolut solidare.

CIOCNIREA: ACŢIUNE ŞI REACŢIUNE. Dacă Leonardo nu a descoperit nici legea căderii corpurilor, nici principiul inerţiei, în schimb el s-a apropiat de descoperirea principiului egalităţii dintre acţiune şi reacţiune, principiu pe care el îl formulează cu claritate, în special în studiul său despre ciocnire şi despre mişcarea corpurilor *ex percussione*. „Acţiunea corpului care loveşte obiectul este tot atît de mare ca şi acţiunea obiectului lovit asupra corpului" *(C. Arundel)*, ne spune el, şi întreaga lui analiză a fenomenului ciocnire se bazează pe acest principiu. Studiul său prin care el devansează cu un secol epoca sa dezvăluie o concepţie cu totul nouă despre mişcare, concepţie pe care însă Leonardo nu o formulează. Percuţia sau ciocnirea este prin esenţa ei violenţă. De aceea acţiunea ei se opune acţiunii forţelor sau a cauzelor naturale. Ea se produce atunci cînd un corp care se mişcă repede întîlneşte un obiect care opune rezistenţă. Un corp greu, care cade pe un plan, loveşte acest plan şi, fiind lovit la rîndul său, sare în sus în linie dreaptă, urmînd verticala pe care a coborît. Atunci cînd corpul loveşte planul sub un unghi oarecare, el sare în sus şi „unghiul de sărire în sus va fi egal cu unghiul de ciocnire". În mişcarea reflectată participă în acelaşi timp şi forţa simplă a *impetus*-ului (care a impulsionat mişcarea iniţială) şi forţa simplă a „ciocnirii". Analiza mişcării reflectate pune în evidenţă în aceasta o compunere de mişcări sau forţe motrice după principiul paralelogramului vitezelor; ea implică faptul că două mişcări sau două forţe motrice pot coexista în acelaşi mobil, fără a se deranja reciproc; ea implică, în sfîrşit, o ipoteză foarte apropiată de principiul conservării mişcării sau a impulsului *(momentum)*.

Leonardo contestă pierderea *impetus*-ului în timpul ciocnirii admiţînd, dimpotrivă, un principiu de conservare al cărui obiect nu este clar definit, dar a cărui analogie cu concepţia lui Descartes este evidentă deşi această conservare nu este absolută şi deşi mişcarea nu are loc niciodată decît pe o distanţă limitată.

Conservarea forţei motrice şi egalitatea acţiunii şi a reacţiunii în cazul ciocnirii formează baza teoretică a analizei efectuate de Leonardo asupra diverselor cazuri de ciocnire a corpurilor în mişcare. Soluţiile la care ajunge el, în pofida cîtorva greşeli de calcul, sînt de o precizie şi de o exactitate

surprinzătoare, Leonardo distingînd — fără a o spune expres — ciocnirea corpurilor elastice de cea a corpurilor moi.

El arată că în fenomenul de ciocnire se produce o acțiune bilaterală, egală și contrară, o dată cu un transfer de „forță" total sau parțial de la obiectul care lovește la cel lovit. Acest transfer apare uneori ca un schimb reciproc de „forțe", alteori ca o distribuire a forței disponibile între cele două corpuri.

În mecanica secolului al XVI-lea nu există nimic care să se poată compara cu aceste analize ale lui Leonardo. Pentru a atinge nivelul de gîndire pe care ele îl atestă, va trebui să-l așteptăm pe Marcus Marci de Kronland.

B. FIZICA ÎN SECOLUL AL XVI—LEA

Contrar unei păreri destul de răspîndite, opera lui Leonardo da Vinci nu pare să fi exercitat în secolul al XVI-lea o influență sensibilă. Era ea oare cel puțin cunoscută? Putem avea îndoieli în această privință. În orice caz, nimeni nu s-a inspirat din ceea ce conținea ea nou și fecund, de pildă, din speculațiile asupra accelerației corpurilor grele și din teoria percuției a lui Leonardo.

Totuși cîteva lucrări remarcabile jalonează în secolul al XVI-lea un progres, în direcția unei filozofii matematice care compensează regretele sugerate de constatarea de mai sus.

1. Tartaglia

Mica lucrare a lui Tartaglia intitulată *Nova scientia* (1537) anunță într-adevăr o știință nouă: balistica. Autorul exagerează atunci cînd se pretinde inventatorul ei, deoarece Leonardo a fost cel care s-a ocupat de fenomenele respective înaintea lui. Nu este mai puțin adevărat că Tartaglia a fost primul care a tratat din punct de vedere *teoretic* o „artă", pînă atunci pur empirică. Iată de ce meritele lui Tartaglia rămîn foarte mari, deși teoriile pe care le expune sînt cu totul false.

„ȘTIINȚA NOUĂ". Dinamica lucrării *Nova scientia* este aproape în întregime tradițională. Prezentarea ei nu este însă tradițională. Ea este dezvoltată *more geometrico;* o serie de definiții sînt urmate de „presupuneri" (axiome) și de „sentințe comune", din care sînt deduse „propozițiile" noii științe. Pe de altă parte, Tartaglia evită orice discuție filozofică asupra conceptelor pe care le folosește și asupra cauzelor fenomenelor pe care le studiază: aceasta pentru că el se adresează practicianului și nu filozofului.

Ca fizician și geometru, el distinge în definiția I materia și forma corpurilor „la fel de grele", declarînd că ele vor constitui obiectul unic al studiului său. Materia trebuie să fie grea (fier, plumb, piatră etc.), iar forma ascuțită în sensul mișcării, adică totul trebuie să concure pentru a face neglijabil efectul rezistenței aerului. Dar cum nu ne putem lăuda că știm să menținem mereu forma

ascuţită în poziţia dorită, este mai bine să ne mulţumim cu forma sferică. Ea asigură cel puţin o condiţionare constantă. Cu alte cuvinte, corpurile „la fel de grele" ale lui Tartaglia sînt ghiulelele de artilerie din epoca sa.

Mişcarea locală a acestor corpuri poate fi sau naturală sau violentă. Dar căderea verticală este *singura* mişcare *naturală* posibilă. În această mişcare naturală, orice corp la fel de greu se deplasează „cu atît mai repede cu cît se depărtează de punctul de pornire sau se apropie de punctul de sosire al mişcării sale. Totuşi Tartaglia nu menţine această echivalenţă. Toate mişcările naturale, spune el în propoziţia a II-a, încep cu aceeaşi viteză minimă şi viteza lor creşte pe parcurs.

Proprietăţile mişcării violente sînt exact simetrice. Depărtîndu-se de punctul său de pornire, corpul care descrie o mişcare violentă îşi încetineşte viteza. În legătură cu aceasta Tartaglia respinge părerea comună că proiectilul are o acceleraţie iniţială şi că puterea sa de şoc creşte în funcţie de această acceleraţie.

Simetria exactă între proprietăţile mişcării violente şi ale celei naturale, care constituie un aport original, îi permite lui Tartaglia să conceapă într-un fel nou incompatibilitatea absolută a acestor mişcări. Nu numai că amestecul lor este imposibil, dar chiar şi succesiunea lor nu poate să aibă loc decît într-un punct cu aceeaşi viteză minimă. În acest punct, verticala mişcării naturale de cădere este „contingentă", adică tangentă la traiectoria mişcării violente care ia sfîrşit.

Tartaglia nu dă o justificare a acestei proprietăţi importante care susţine totuşi cercetarea sa asupra formei traiectoriilor. Într-adevăr, dacă iniţial traiectoria mişcării violente a unui proiectil este suficient de rectilinie conform practicii tirului brusc, este nevoie după aceasta de un arc de racordare cu verticala punctului neutru. Trebuie să admitem că pe acest arc există o influenţă a greutăţii, cu toate că mişcarea nu mai este numai violentă.

Adoptînd schema tripartită a traiectoriei şi compunînd-o din două drepte racordate printr-un arc de cerc (fig. 7), Tartaglia e convins de faptul că el nu reproduce exact realitatea. Frontispiciul lucrării *Nova scientia* conţine desenul a două traiectorii (cu un unghi de tragere mai mare şi cu unul mai mic) aproape perfect parabolice. În felul acesta nu ne putem îndoi de sensul efortului autorului, care constă în a adapta concepţiile teoretice intuiţiilor practicienilor şi de a oferi o aproximare matematică cît mai pe înţeles.

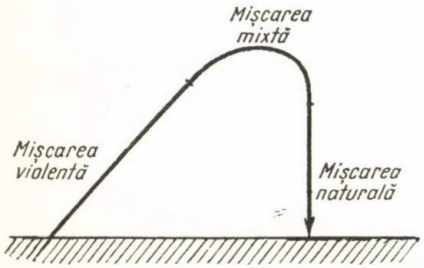


FIG. 7. SCHEMA „TRIPARTITĂ" A TRAIECTORIEI PROIECTILELOR, DUPĂ CONCEPŢIILE ANTERIOARE ALE LUI TARTAGLIA

Totuşi rezultatul este insuficient, în special în ceea ce priveşte raportul dintre partea rectilinie şi partea circulară a mişcării violente. Tartaglia, cel puţin, crede că poate să afirme că în cazul unor unghiuri de tragere egale, traiectoriile sînt asemănătoare şi că razele de bătaie orizontale sînt proporţionale cu vitezele iniţiale. Eroarea pe care o face corespunde, de fapt, cu aprecierea mişcării uniform diforme întîrziate în raport cu spaţiul parcurs. Notăm că balistica lui Tartaglia nu cunoaşte *media quies*, ceea ce este un ultim punct care fixează caracterul său original.

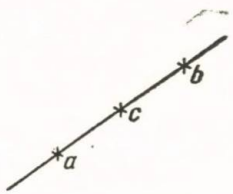
Vom nota de asemenea că *Nova scientia* se ocupă la sfîrşit cu chestiuni practice: determinarea distanţelor şi elevaţiilor (unghiurilor) ţintelor vizate, descrierea unui instrument de măsurare a elevaţiilor pentru uzul artileriştilor.

CORECŢII IMPORTANTE SPRE O BALISTICĂ CU ADEVĂRAT NOUĂ. În 1546, Tartaglia publică lucrarea sa *Quesiti et inventioni diverse*. Primele două cărţi ale acesteia conţin un studiu al balisticii care reia, completează şi uneori modifică teoriile expuse în *Nova scientia*.

Modificarea cea mai importantă constă în afirmarea caracterului curbiliniu al traiectoriei mişcării violente în afară de cea verticală. Cu excepţia acestui caz particular, traiectoria unui glonţ de archebuză sau a unei ghiulele de tun nu cuprinde nici o porţiune rectilinie.

În aparenţă, această teorie contravine „experienţei". De aceea interlocutorul lui Tartaglia — căci lucrarea *Quesiti* este scrisă sub formă de dialoguri — face apel la experienţa tunarilor care îşi ochesc ţinta în direcţia axei piesei de artilerie, cu ajutorul cătării. Tartaglia ripostează că această practică nu se bazează decît pe imprecizia simţurilor şi pe slăbiciunea minţii omeneşti. La afirmaţia adversarului său, că marea viteză a glonţului, la ieşirea din ţeava archebuzei, se opune curbării traiectoriei, Tartaglia răspunde că această viteză mare uşurează oarecum glonţul, fiindcă aerul îl susţine cu atît mai bine cu cît viteza este mai mare, dar nu-l eliberează total de greutate.

De altfel, viteza descreşte. Pentru întreaga parte *ab* a traiectoriei, ea este



mai mare în prima jumătate *ac* decît în a doua, *cb*. Ar trebui deci să admitem că *ac* este mai rectilinie decît *cb*! Nu este oare mai rezonabil să considerăm că nici o parte a traiectoriei nu poate fi dreaptă, oricît de mică ar fi ea?

Apărînd cu îndîrjire adevărurile teoretice împotriva pretenţiilor pseudoexperienţei sensului comun şi a tunarilor, Tartaglia nu poate totuşi respinge în bloc mărturiile acestora din urmă. El se străduieşte să explice de ce atunci cînd

se trag două focuri din același tun unul după altul, elevația și încărcătura fiind identice, focul al doilea are o bătaie mai lungă. De asemenea, el încearcă să explice de ce forța de șoc a unei ghiulele este mai slabă la ieșirea din tun decît la o distanță oarecare de el.

Lucrarea *Quesiti* cuprinde, de asemenea, o expunere a staticii pe care Tartaglia o „împrumută" de la Jordanus Nemorarius, fără a-l numi, ceea ce i-a prilejuit critici violente din partea lui Ferrari. Are totuși meritul de a fi încredințat manuscrisul lucrării lui Jordanus, de care se folosise, lui Curtius Troianus, care a editat-o în 1565 sub titlul *Jordani opusculum de ponderositate, Nicolai Tartalea studio correctum*. El a cunoscut deci tradiția școlii pariziene din secolul al XIII-lea și a înlesnit răspîndirea ei în Italia.

De altfel, Tartaglia, care a scris în limba vorbită în valea Padului, nu a fost citit numai în țara sa. Reeditată de autor în 1550 fără schimbări semnificative, *Nova scientia* a cunoscut șapte ediții pînă la 1583. Dar — poate din pricina propriilor sale ezitări — se pare că Tartaglia nu a avut o influență prea mare, cel puțin în ceea ce a adus el mai nou. Căci dacă teoria traiectoriei tripartite din *Nova scientia* avusese mult succes, aceea a traiectoriei în întregime curbilinii din *Quesiti* nu a găsit de loc înțelegere. Nimeni, nici chiar matematicienii de seama lui Cardano sau a lui Baldi, nici chiar Benedetti, care opune tradiției fundamentele solide ale filozofiei matematice și care ia în discuție un număr de teze ale lui Tartaglia, nu au adoptat și nici măcar nu au discutat teoria traiectoriei complet curbilinii. Această lipsă de interes ilustrează forța tradiției empirico-tehnice și ne permite să ne dăm seama cît de mari au fost obstacolele pe care a trebuit să le depășească teoria fizică.

2. Variații în jurul noțiunii de „impetus"

CARDANO. În faimosul și celebrul său tratat *De subtilitate* (Despre subtilitatea lucrurilor, 1550) Geronimo Cardano se arată a fi un partizan modern al dinamicii *impetus*-ului. De aceea, el prezintă cititorului său o lungă expunere a teoriei lui Aristotel, adresîndu-i totodată criticile tradiționale formulate de adversarii săi, critici pe care le prezintă ca fiind ale sale. Cît despre traiectoria unui obiect proiectat oblic în aer, Cardano adoptă teoria tripartiției pe care, mai logic decît Tartaglia, o susține prin tripartiția structurii mișcării : pur violentă, mixtă și pur naturală. El nu crede că partea curbilinie trebuie să fie un segment de cerc, dar comite eroarea unei racordări netangențiale a părților rectilinii și curbilinii ale traiectoriei.

Totodată Cardano apare ca fiind un consecvent tradiționalist în acceptarea „faptului" accelerației inițiale a proiectilului care, după părerea lui ca și după cea a lui Leonardo, dar și a lui Aristotel, atinge *valoarea maximă* a vitezei și a forței sale de lovire în mijlocul cursei sale. Explicația este că la acțiunea *impetus*-ului se adaugă aceea a reacției crescînde a mediului.

Lucrarea *Opus novum de proportionibus* (1570) nu adaugă nimic substanțial la teoria expusă în *De subtilitate*. Mișcarea naturală ar trebui să fie în sine uniformă, fiind produsă de o cauză constantă, pe cînd mișcarea violentă, dimpo-

trivă, ar trebui să fie o mișcare constant încetinită, deoarece cauza care o produce se epuizează producînd-o. În realitate, ca urmare a reacției mediului care împinge și trage totodată proiectilul înainte, orice mișcare comportă o fază de accelerație. În cazul mișcării naturale, această fază durează pînă la sfîrșitul ei; în cazul mișcării violente, ea durează pînă la „un anumit moment" (Cardano nu mai spune: pînă la jumătatea cursei): înainte de încetarea totală, mișcarea devine extrem de lentă, de unde rezultă că mișcarea cea mai lentă a proiectilului are loc în vîrful curbei. Remarcăm totuși afirmația, fără îndoială împrumutată de la Benedetti, că „două sfere făcute din aceeași materie, căzînd în aer, vor ajunge la pămînt în același moment".

PICCOLOMINI. Spre deosebire de Cardano cu dinamica sa semiaristotelică, Alessandro Piccolomini (*In mechanicas questiones Aristotelis paraphrasis paulo quidem plenior...* Roma, 1547) susține dinamica *impetus*-ului pur. Acțiunea motorului creează în corpul pus în mișcare un *impetus* dobîndit accidental, de unde rezultă la mobilul aflat în mișcare naturală o creștere a greutății „superficiale", care antrenează o accelerație a mișcării sale. În schimb, *impetus*-ul mișcării violente produce în mobil o anumită ușurință superficială, din care pricină el nu cade atîta timp cît continuă în el acțiunea acestui *impetus*. Căci atunci cînd *impetus*-ul slăbește și se epuizează sau cînd „adevărata greutate" îl depășește, corpul încetează să se miște violent și tinde, prin propria sa mișcare, în jos.

SCALIGER. În 1557, în lucrarea *De subtilitate ad Hyeronymum Cardanum* (*Exotericarum exercitationum libri* XV, Paris, 1557), J.C. Scaliger atacă vehement opera lui Cardano, în special folosirea de către el a teoriei reacției mediului alături de cea a *impetus*-ului. El opune teoriei aristotelice rotația unui disc tăiat dintr-o placă ușoară și care este pus în mișcare printr-o manivelă. Există prea puțin aer, explică el, între disc și marginile cavității circulare în care se învîrtește el, pentru ca acest aer să poată întreține prin reacția sa mișcarea. Cauza care-l face să se învîrtească și pe care el o numește *motio* și nu *impetus*, „este o formă imprimată de mobil și care poate să se păstreze în el chiar atunci cînd motorul inițial este îndepărtat". Această *motio*, care obosește și dispare cu timpul, joacă același rol ca și *impetus*-ul, și Scaliger explică accelerația corpurilor supuse acțiunii prelungite a motorului prin acumularea impulsurilor date de acesta din urmă.

Scaliger se opune proslăvirii lui Arhimede de către Cardano și apără cu înfocare gloria marilor scolastici, Duns Scot, Heytesbury și Swineshead împotriva atacurilor acestuia din urmă. Această reacție întîrziată a unui tradiționalist împotriva eclectismului epocii nu aduce nimic cu adevărat nou.

BERNARDINO BALDI. Nimic cu adevărat nou — în afară de afirmația că mișcarea produce mișcare — nu găsim nici la Bernardino Baldi, care se inspiră din Cardano și Piccolomini. Astfel, în lucrarea sa *In mechanica Aristotelis problemata exercitationes* (scrisă în 1582 și publicată în 1621), el explică că mișcarea violentă este asemănătoare cu mișcarea naturală atîta timp cît violența predomină, cu alte cuvinte că ea se accelerează la început. Dar *impetus*-ul

violent se epuizează și mișcarea violentă se încetinește mereu, în timp ce mișcarea naturală, care se menține de la sine, este mereu accelerată.

ENIGMA LUI DOMENICO SOTTO. Să ne întoarcem acum la Domenico Sotto, acel scolastic spaniol, celebru la timpul său și uitat astăzi, pe care Duhem îl omagiază ca pe unul dintre primii care au recunoscut în mișcarea de cădere a corpurilor grele și de ridicare a lor în cazul aruncării în sus, cazuri ale „mișcării uniform diforme în raport cu timpul". Sotto nu este un mare filozof. Fizica sa este tradițională și eclectică. De aceea sîntem destul de surprinși cînd îl vedem afirmînd că:

„Mișcarea uniform diformă în raport cu timpul este aceea a cărei diformitate are proprietatea că dacă o împărțim după timp, adică după părțile care se succed în timp, în fiecare parte mișcarea punctului de mijloc depășește mișcarea extremă cea mai slabă a aceleiași părți cu o cantitate egală cu cea cu care ea este depășită de mișcarea extremă cea mai intensă.

Acest tip de mișcare este cel propriu corpurilor care se mișcă cu o mișcare naturală precum și proiectilelor.

Într-adevăr, ori de cîte ori o masă cade de la o anumită înălțime într-un mediu omogen, ea se mișcă la sfîrșit mai repede decît la început. Mișcarea proiectilelor este însă mai lentă la sfîrșit decît la început și astfel prima se intensifică, iar a doua slăbește uniform" *(Quaestiones super octo libri Physicorum Aristotelis*, Salamanca, 1572).

Cum intensificarea și slăbirea mișcării *(intensio et remissio)* înseamnă, după Jean de Celaya (Juan), accelerare și întîrziere, regula acceptată de Sotto este echivalentă cu afirmația că drumul parcurs de un asemenea mobil este egal cu drumul pe care el l-ar fi parcurs în același timp într-o mișcare uniformă, cu o viteză egală cu media dintre cea mai mare și cea mai mică viteză a acestui mobil.

Cum a ajuns Sotto să dea mișcarea de cădere ca un exemplu de mișcare uniform accelerată și chiar să prezinte ca ceva de la sine înțeles această transpunere a unei concepții pur matematice în realitatea fizică, deși matematicienii și logicienii școlilor de la Paris și Oxford n-au realizat această transpunere? Iată o întrebare la care este cu atît mai greu să dăm răspuns cu cît Sotto pare derutat de deosebirea la care este condus între „naturile" diferite ale mișcării, după cum ea este considerată „în raport cu subiectul mobil" sau „în raport cu timpul"

Duhem crede că Sotto nu face decît să reproducă o părere care era banală „înainte de mijlocul secolului al XVI-lea pentru scolasticii parizieni și pentru discipolii lor".

Dacă ar fi așa, de ce nu regăsim această părere la alții în afară de Domenico Sotto? Și cum se face că de la el la Galilei ea nu a fost adoptată de nimeni, cel puțin după cît știm noi astăzi? Nu a fost adoptată nici măcar de Benedetti în efortul său conștient și susținut de a așeza fizica pe bazele ferme și solide ale „filozofiei matematice"?

3. În căutarea unei filozofii matematice a naturii: Benedetti

Giambattista Benedetti (1530—1590) este, fără doar și poate, cel mai interesant dintre fizicienii italieni din secolul al XVI-lea. El este, de asemenea, fizicianul care a jucat cel mai important rol istoric. Într-adevăr, influența lui asupra tînărului Galilei, care în tratatul său *De motu* îl urmează pas cu pas, este incontestabilă și profundă. Desigur, Benedetti nu a trecut hotarul care separă știința medievală și cea a Renașterii de știința modernă. Lucrul acesta l-a făcut Galilei, ceea ce constituie marele său merit. Dar el a dus efortul de matematizare a științei mult mai departe decît Tartaglia, profesorul și predecesorul său imediat. Mai mult decît atît, opunîndu-se în mod conștient și deliberat fizicii empiriste și calitative a lui Aristotel, el încearcă să construiască, pe bazele staticii lui Arhimede, o fizică sau, pentru a folosi termenul său, o „filozofie matematică" a naturii.

Încercarea sa nu a putut avea succes, deoarece, spre deosebire de Galilei, el nu a putut să se elibereze de ideea confuză a *impetus*-ului, considerat cauza mișcării. Totuși el reușește — și acesta nu este un mic titlu de glorie — să demonstreze matematic inexistența unei *quies media* și continuitatea paradoxală a mișcării de du-te-vino. De asemenea, în pofida întregii tradiții milenare, el reușește să arate că două corpuri, cel puțin dacă sînt de natură sau de „omogenitate" (adică de greutate specifică) identică, cad cu aceeași viteză, oricare ar fi greutatea fiecăruia dintre ele. Tot lui Galilei îi va reveni meritul de a generaliza propoziția lui Benedetti și de a o extinde asupra *tuturor* corpurilor, indiferent de „natura" lor.

PRIMA TENTATIVĂ. În prefața la „Rezolvarea tuturor problemelor lui Euclid", pe care a editat-o separat (*Demonstratio proportionum motuum localium contra Aristotelem*, Veneția, 1554) și care va fi plagiată cu nerușinare de J. Taisnier după cîțiva ani, Benedetti explică că doctrina lui Aristotel, potrivit căreia corpurile grele cad mai repede decît cele ușoare, și anume proporțional cu greutatea lor, trebuie corectată în două puncte esențiale: în primul rînd nu *greutatea* ca atare, ci *excedentul* de greutate a mobilului față de greutatea unui volum egal al mediului ambiant determină căderea și viteza acesteia; în al doilea rînd, nu este vorba de greutatea corpului, ci de greutatea lui specifică.

Pentru a demonstra prima dintre aceste propoziții, Benedetti, care admite proporționalitatea dintre viteză și forța motrice, opune lui Aristotel considerații bazate pe hidrostatica lui Arhimede: corpurile grele scufundate într-un mediu mai ușor decît ele (de pildă, în apă) pierd o greutate echivalentă cu greutatea volumului egal al mediului în care ele se află.

Cît despre propoziția a doua, Benedetti o demonstrează comparînd căderea unei ghiulele de 4 livre, a unei ghiulele de o livră și a 4 ghiulele de o livră legate împreună. Este clar că centrul de greutate al ghiulelei de 4 livre va cădea cu aceeași viteză ca și centrul de greutate al celor 4 ghiulele legate împreună. Este clar, de asemenea, că fiecare dintre acestea va cădea cu aceeași viteză ca și ghiuleaua izolată.

Această a doua propoziţie, afirmă Benedetti, „nu este conformă cu doctrina lui Aristotel şi nici cu a vreunuia dintre comentatorii săi pe care am avut prilejul să-i văd şi să-i citesc sau cu care am putut sta de vorbă". Această afirmaţie este exactă. În schimb, în ceea ce priveşte prima propoziţie, unii comentatori ai *Fizicii* lui Aristotel şi în primul rînd Ioanes Philoponos au dezvoltat o teorie destul de asemănătoare — şi anume, teoria după care viteza corpului în mişcare depinde de *excedentul* forţei asupra rezistenţei —, pentru ca istoria să aibă datoria să-i confrunte (cf. vol. I, pp. 501, 620). Specificitatea concepţiei lui Benedetti apare astfel în faptul că el a substituit schemei medievale aristotelice o schemă care urmează linia lui Arhimede.

DESĂVÎRŞIREA UNEI SUBSTITUIRI. În lucrarea sa *Diversarum speculationum mathematicarum et physicarum liber* (1585), Benedetti va respinge noţiunile aristotelice de *greutate* şi *uşurinţă* absolute şi le va substitui cu noţiunile de greutate şi uşurinţă relative. El declară că toate corpurile sînt grele proporţional cu *densităţile* lor şi doar mai grele sau mai puţin grele (dense) decît mediul în care se află. Scara cantitativă a lui Arhimede va înlocui opoziţia calitativă a lui Aristotel.

Lucrarea lui Benedetti, în partea ei fizică, conţine un adevărat atac împotriva fizicii lui Aristotel şi o excelentă expunere a fizicii *impetus*-ului, al cărei partizan hotărît se declară. Ca toţi înaintaşii săi, el îşi îndreaptă critica, în primă instanţă, împotriva teoriei aristotelice a aruncării proiectelor şi, mai radical decît majoritatea acestor înaintaşi, consideră că această teorie nu are nici o valoare: mediul nu este *niciodată* un motor, ci *totdeauna* un obstacol care se opune mişcării.

Concepţia *impetus*-ului considerat ca fiind cauza internă a mişcării corpurilor a fost studiată mai înainte (vezi vol. I p.625 şi urm.). Benedetti o modifică, respingînd *impetus*-ul circular şi insistînd asupra caracterului liniar al acestuia. Este tendinţa proiectilului spre o mişcare *în linie dreaptă* imprimată de mînă sau praştie şi nu spre o mişcare circulară. La fel stau lucrurile cu învîrtirea sfîrlezei sau a pietrei de moară: fiecare dintre particulele din care sînt alcătuite aceste corpuri tinde să se mişte în linie dreaptă şi numai prin violenţă (din pricina forţelor de legătură) aceasta este silită să descrie un cerc.

Lipsurile fizicii aristotelice se explică — după Benedetti — prin faptul că Aristotel nu a înţeles rolul matematicii în ştiinţa fizică. Numai pornind de la „temeliile de nezdruncinat" ale filozofiei matematice — adică pornind de la Arhimede şi inspirîndu-ne din Platon — putem să înlocuim fizica lui Aristotel cu o fizică mai bună, *bazată pe adevărurile pe care mintea umană le cunoaşte de la sine*.

BENEDETTI ŞI CRITICA LUI ARISTOTEL. Benedetti încearcă să conceapă bazele unei asemenea fizici. În fond, Aristotel nu a înţeles de loc mişcarea. Nici mişcarea naturală, deoarece el consideră că un corp în cădere liberă îşi accelerează mişcarea pe măsură ce se apropie de ţinta sa, şi nu — aşa cum se petrec lucrurile în realitate — în măsura în care se depărtează de punctul său de plecare; de

asemenea, deoarece el nici n-a văzut că „mișcarea rectilinie a corpurilor naturale în sus și în jos nu este naturală de la bun început și *per se*“, ci este produsul unei violențe prealabile și al acțiunii mediului în care corpurile au fost plasate (astfel, mișcarea în sus nu este nicidecum naturală; ea este o eliminare a mai rarului prin mai dens). Aristotel nu a înțeles nici mișcarea violentă, întrucît n-a văzut că mișcarea rectilinie de du-te-vino este continuă și se face fără o oprire, și că mișcarea pe o dreaptă poate fi infinită în timp, deși finită în spațiu.

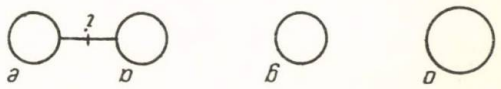
Dar cea mai gravă eroare fizică a lui Aristotel este negarea vidului și a mișcării în vid. Imposibilitatea vidului, după cum se știe, este demonstrată de Aristotel prin reducerea la absurd: în vid, adică în lipsa oricărei rezistențe, mișcarea s-ar efectua cu o viteză infinită. Or, spune Benedetti, nimic nu este mai fals. Dat fiind că viteza este proporțională cu greutatea relativă a corpurilor, adică cu greutatea absolută micșorată (și nu împărțită) cu rezistența mediului, urmează imediat că viteza nu crește nelimitat și că, atunci cînd rezistența se anulează, viteza nu devine infinită. Pentru corpuri diferite (adică pentru corpuri alcătuite din materii diferite), ea va fi proporțională cu greutățile lor specifice absolute, adică cu densitățile lor. Cît despre corpurile alcătuite din aceeași materie, ele vor avea în vid aceeași viteză naturală.

Lucrul acesta este demonstrat în felul următor:

„Fie, într-adevăr (fig. 8), două corpuri omogene *o* și *g* și fie *g* jumătate din *o*. Fie, de asemenea, alte două corpuri omogene cu primele, *a* și *e*, egale fiecare cu *g*. Să ne închipuim că aceste două corpuri se află la extremitățile unei linii, al cărei mijloc este *i*. Este clar că punctul *i* va avea aceeași greutate ca centrul corpului *o*. Astfel *i*, datorită corpurilor *a* și *e*, se va mișca în vid cu aceeași viteză ca și centrul corpului *o*. Dar dacă corpurile *a* și *e* s-ar desprinde de linie, ele nu și-ar modifica prin aceasta viteza și fiecare dintre ele ar fi tot atît de rapide ca și *g*. Deci *g* ar fi tot atît de rapid ca și *o*“.

Mișcarea în vid, căderea simultană a corpurilor grele omogene: sîntem deja foarte departe de fizica lui Aristotel. Dar temeliile de nezdruncinat ale filozofiei matematice,modelul mereu prezent în spiritul lui Benedetti al științei lui Arhimede nu-i permit să se oprească aici. Într-adevăr, Aristotel și-a făurit o imagine falsă a lumii și a adaptat fizica sa la această imagine. La baza teoriei

FIG. 8. CĂDEREA SIMULTANĂ A CORPURILOR GRELE OMOGENE, DUPĂ BENEDETTI



sale a „locului natural“, care constituie temelia dinamicii sale, se află falsa cosmologie întemeiată pe finitism. De fapt, „nu există nici un corp în lume sau în afara lumii (orice ar spune în această privință Aristotel) care să nu-și aibă locul său“. Loc situat în afara lumii? Și de ce nu? Există oare „vreo piedică pentru ca în afara cerului să se găsească un corp infinit?“ Fără îndoială, Aristotel neagă această posibilitate, dar argumentele sale nu sînt de loc evidente; la fel nu sînt evidente argumentele lui care demonstrează imposibilitatea unei plura-

lități a lumilor, caracterul neschimbat al cerului și multe alte lucruri. Toate acestea vin de acolo că Aristotel nu a înțeles de loc matematica. Dovadă faptul că el a negat realitatea infinitului.

Ridicîndu-se împotriva negării de către Aristotel a caracterului real al infinitului, Benedetti împarte un segment în două părți egale, împarte în două una dintre jumătățile obținute și imaginează repetarea la infinit a acestei operații. Aceasta îl conduce la afirmația că multiplicitatea infinită nu este mai puțin reală decît cea finită.

Se vede că sîntem foarte aproape de Galilei și de Descartes. Foarte aproape și totuși încă foarte departe. Într-adevăr, printre erorile comise de Aristotel în legătură cu mișcarea, Benedetti nu a observat-o pe cea mai gravă; el o împărtășește chiar. Această eroare, și anume faptul că vede în *mișcare* o *schimbare* și nu o stare, situează „filozofia matematică" a lui Benedetti dincoace de hotarul care separă știința Renașterii de știința modernă.

4. Un nou Arhimede: Simon Stevin

Singura contribuție a lui Stevin în domeniul dinamicii constă într-o experiență asupra căderii corpurilor, făcută împreună cu Janus Grotius (în 1585)[2], pentru a determina dacă corpurile grele cad mai repede decît cele ușoare, așa cum presupune Aristotel sau, în același timp, așa cum afirmă Taisnier și Cardano. Experiența a arătat că dacă două bile de plumb cu greutăți diferite cad cu aceeași viteză, în schimb, un fir de bumbac cade mai încet decît un pachet strîns legat din aceeași substanță: așadar, ambele teorii sînt false.

Putem să ne mirăm că Stevin nu a căutat să îmbunătățească acest rezultat destul de decepționant. Poate că l-a împiedicat conștiința dificultăților legate de construirea unei dinamici matematice, și anume imposibilitatea de a stabili teoretic raportul dintre rezistență și forță și imposibilitatea de a face abstracție de acest raport așa cum procedează intenționat în statica și hidrostatica sa. Într-adevăr, deși are drept țintă practica și studiază „arta echilibrării" și acțiunea mașinilor simple (pîrghie, troliu etc.), statica este în sine o știință pur teoretică, o ramură a matematicii, la fel ca aritmetica și geometria.

„Statica" lui Stevin a fost publicată mai întîi în limba flamandă (*De beghinselen der weeghconst* împreună cu *De weeghdaet* care cuprinde o serie de aplicații ale staticii și cu *De beghinselen des waterwichts*, tratînd hidrostatica) în 1586. Ea va fi retipărită, cu adăugiri, în 1608, în *Wisconstige gedachtenissen* și tradusă în latină de Snellius în *Hypomnemata mathematica*, dar abia în 1634, Albert Girard va publica o versiune franceză.

[2] Hugo Grotius (1554—1640) este citat pentru o chestiune relativă la muzică, nu însă pentru lucrarea sa *De origine Gentium Americanorum* (1642). Lipsa calului în America este pentru el cea mai bună dovadă împotriva celor care susțin ideea emigrației în America din Asia de nord. — *C.M.*

SEPARAREA STATICII DE DINAMICĂ. Statica lui Stevin este pur arhimediană. După cum spune Duhem, „este suficient s-o frunzărim pentru a recunoaşte în geometrul din Bruges un discipol fidel al geometrului din Siracuza". De aceea Stevin condamnă tradiţia *Problemelor de mecanică* care leagă statica de dinamică şi explică echilibrul pîrghiei prin consideraţii asupra mişcărilor în arc de cerc descrise de extremităţile pîrghiei.

Totuşi Stevin nu pare să condamne cu toată consecvenţa acest punct de vedere. Într-adevăr, cînd într-un al doilea apendice la statica sa, în care studiază acţiunea scripeţilor şi a muflelor, el scrie că acestor maşini simple li se poate aplica axioma staticii: *Ut spatium agentis ad spatium patientis, sic potentia patientis ad potentiam agentis*[3], el reintroduce deplasări în privinţa cărora în zadar ne-am întreba dacă sînt actuale sau virtuale.

STATICA LUI STEVIN: TEORIA PÎRGHIEI. „Statica" se împarte în două părţi, dintre care prima studiază proprietăţile echilibrului greutăţilor, iar a doua cuprinde cercetări asupra centrelor de greutate ale figurilor plane, cît şi ale corpurilor solide. Prima carte are două părţi, dintre care prima cuprinde definiţii şi postulate, iar a doua propoziţii asupra greutăţilor care acţionează vertical (teoria pîrghiilor) şi asupra greutăţilor care acţionează oblic (cu ajutorul planului înclinat).

Teoria pîrghiei, foarte ingenioasă şi foarte elegantă, reduce condiţiile de echilibru ale unei pîrghii oarecare la cazul cel mai simplu, acela al unei balanţe cu braţe egale al cărei echilibru apare ca o evidenţă imediată.

O prismă dreaptă omogenă este presupusă suspendată de centrul ei geometric, care este în acelaşi timp centrul ei de greutate T (fig. 9). Este evident că ea se va afla în echilibru. S-o împărţim mental în şase părţi egale prin liniile AD, EF, GH, IK, LM, VO, BC. Să unim tot în gînd cele patru tranşe din stînga şi cele două tranşe din dreapta. Centrele lor de greutate se vor afla în S şi în X. Să înlocuim fiecare dintre aceste corpuri printr-o greutate egală suspendată de centrul de greutate al fiecăreia dintre ele, acestea fiind legate printr-o bară rigidă; echilibrul nu va fi modificat. Or, distanţa care separă T de S şi de X este invers proporţională cu greutăţile suspendate. Raţionamente construite pe acelaşi model demonstrează valoarea generală a acestei propoziţii, oricare ar fi forma corpurilor de care ne ocupăm sau felul cum sînt suspendate de bara —rigidă — a balanţei.

PLANUL ÎNCLINAT: „MIRACOLUL NU ESTE MIRACOL". Stevin nu a rezolvat — cum se afirmă uneori — problema planului înclinat. Într-adevăr, Duhem a demonstrat că această soluţie a fost găsită de Jordanus Nemorarius, de la care a fost „împrumutată" de Tartaglia. Totuşi teoria echilibrului corpurilor pe un plan înclinat merită să fie legată de numele lui Stevin. Într-adevăr, acesta a dedus-o pe baza unui raţionament original şi nou, pornind de la *impo-*

[3] Distanţa obiectului care acţionează faţă de distanţa obiectului care suportă este în acelaşi raport ca şi puterea obiectului care suportă faţă de puterea obiectului care acţionează — *N.T.*

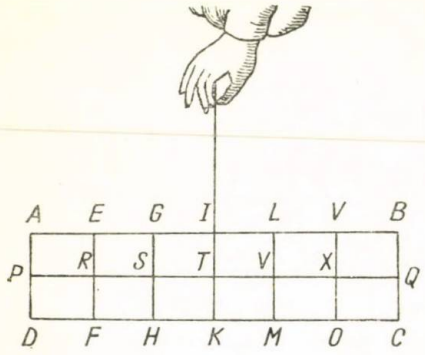


FIG. 9. DEMONSTRAREA CONDIȚIILOR DE ECHILIBRU ALE UNEI BALANȚE CU BRAȚE EGALE, DUPĂ STEVIN

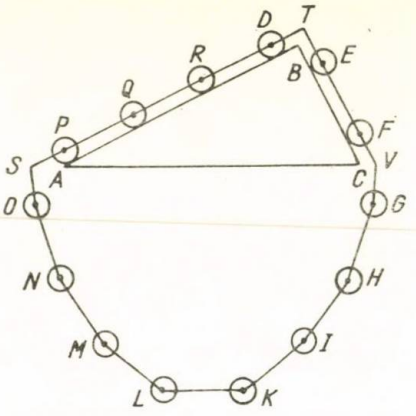


FIG. 10. PLANUL ÎNCLINAT AL LUI STEVIN

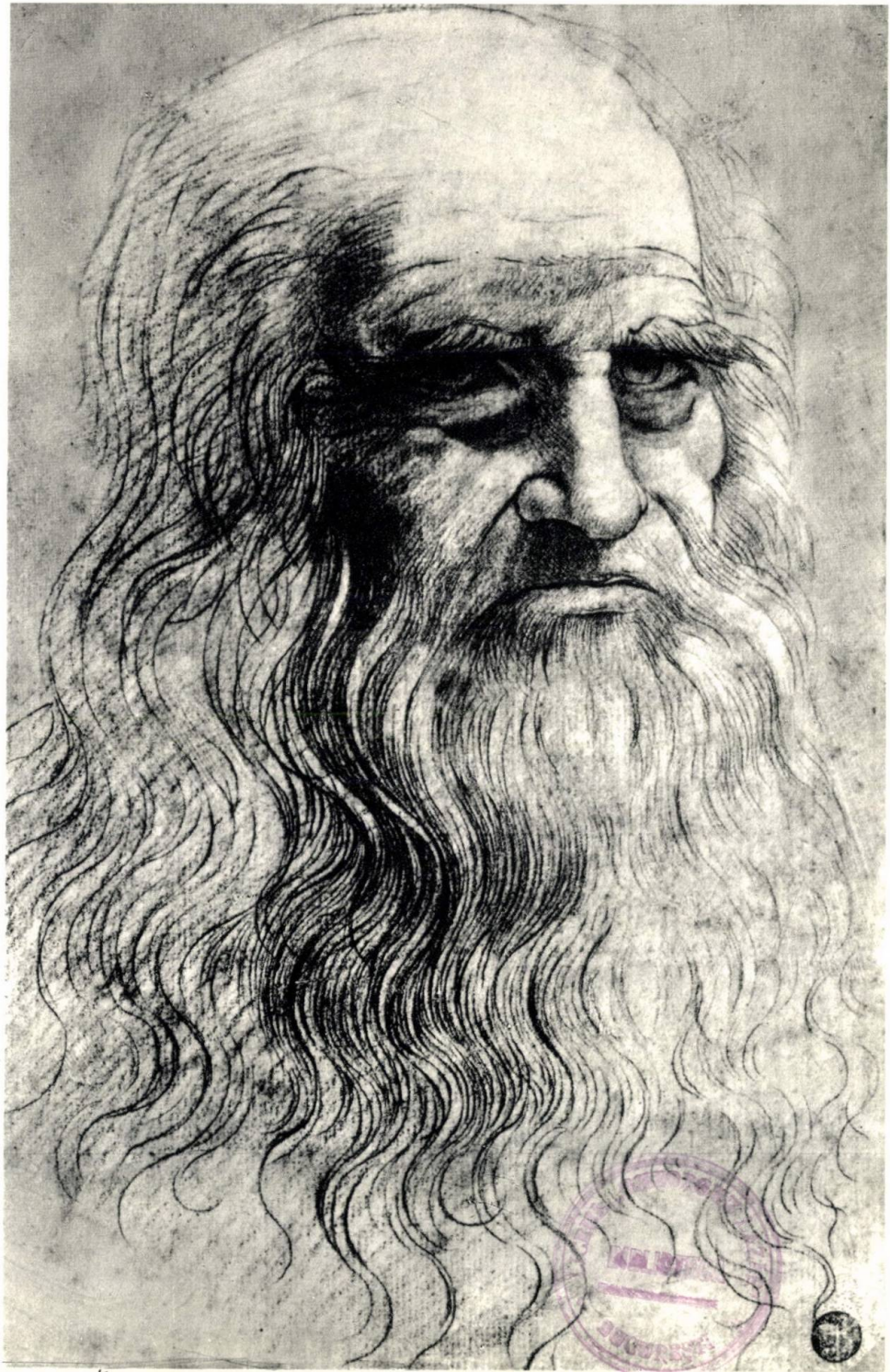
sibilitatea mișcării perpetue, pe care o transformă astfel într-un principiu fundamental al mecanicii — raționament atît de intuitiv, încît concluzia ne apare ca decurgînd de la sine.

Această demonstrație care s-a bucurat de cea mai mare faimă, și de care Stevin era cu drept cuvînt mîndru, este ilustrată de o figură care, însoțită de inscripția *Wonder en is gheen wonder* (miracolul nu este miracol) este reprodusă de Stevin pe pagina de gardă a lucrărilor sale. Se ia un triunghi ABC a cărui latură AB este de două ori mai lungă decît BC. El se așază astfel ca planul să fie perpendicular, iar baza paralelă cu orizontul. Se înfășoară în jurul lui un lanț format din 14 bile egale și egal distanțate, D, E, F, G, H, I, K, L, M, N, O, P, Q, R (fig. 10).

În acest caz, două dintre bile se vor afla pe latura BC, patru pe latura AB, iar opt bile vor rămîne suspendate dedesubt, formînd o figură simetrică. Totul se află în mod necesar în echilibru, deoarece dacă „greutatea aparentă" a bilelor E și F (noțiune care își are corespondentul în *gravitas secundum situm* din statica medievală) nu ar fi egală cu aceea a bilelor, P, Q, R, D, „cele mai grele" ar coborî în jos și deci „cele mai ușoare" ar urca, reproducînd în felul acesta situația inițială, ceea ce ar duce din nou la deplasarea „celor mai grele" bile. Ar rezulta o mișcare perpetuă, „ceea ce este absurd". „Greutățile aparente" ale corpurilor aflate pe planuri înclinate sînt deci invers proporționale cu lungimile acestor planuri. De aici rezultă (fig. 11) că această „greutate aparentă" se află în același raport cu greutatea capabilă s-o echilibreze ca și ipotenuza AB cu cateta BC.

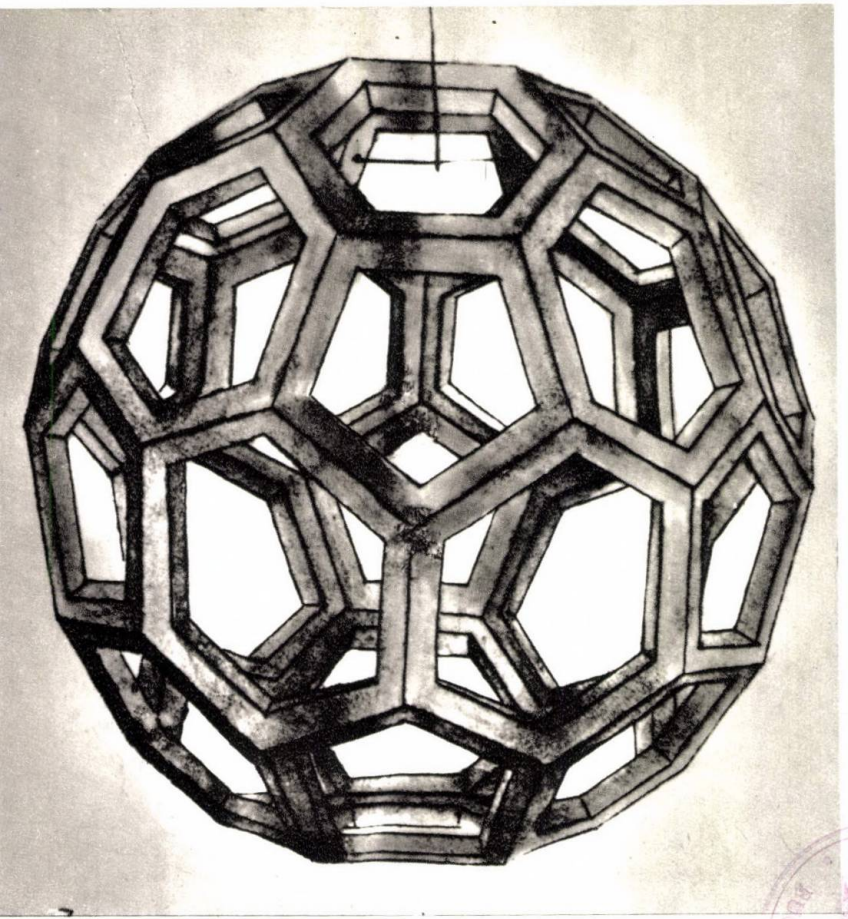
Firul DF paralel cu AB va menține deci greutatea D în echilibru, dacă greutatea E este egală cu $D.\frac{AB}{BC}$. La fel se vor petrece lucrurile dacă firul DK trage greutatea D vertical în jos, cu condiția ca greutatea M să fie egală cu E.

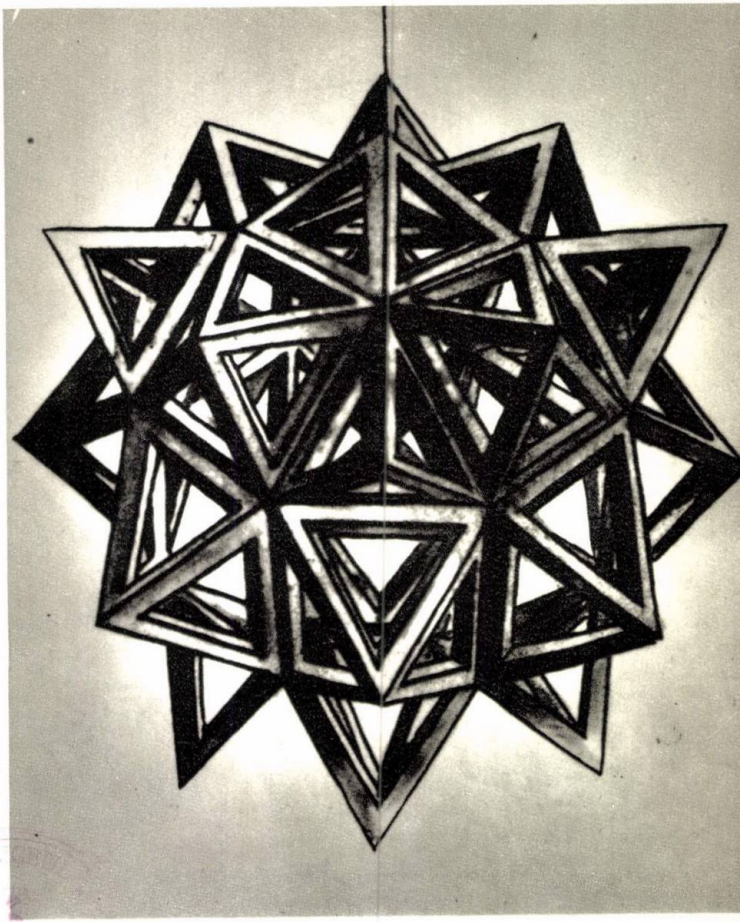
1. LEONARDO DA VINCI. *AUTOPORTRET*.



1

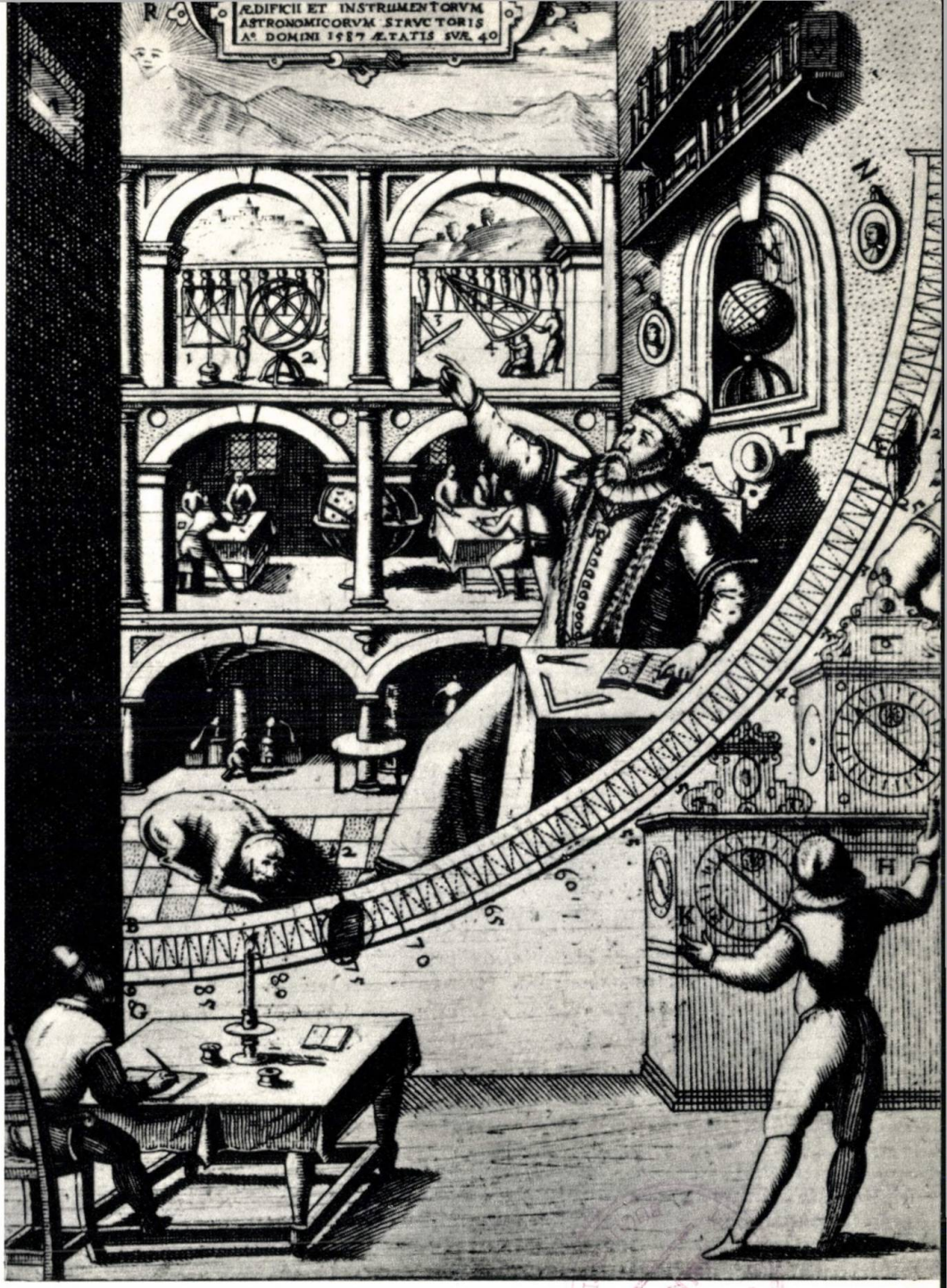
2





2. POLIEDRE SCOBITE. DESENE DE LEONARDO DA VINCI.

3. ARITMETICA DUPĂ *MARGARITA PHILOSOPHICA*.



5. TYCHO BRAHE ŞI MARELE CVADRANT DE PERETE.

6

LICEUL GHEORGHE LAZĂR BUCUREȘTI
BIBLIOTECA

6. SFERA CEREASCĂ A LUI BÜRGI.

7. METALOTECA VATICANULUI.

BUCUREȘTI
LICEUL

8. PROSPECTAREA MINEREURILOR METALIFERE ÎN SEC. XVI.

Stevin studiază, de asemenea, cazul în care greutatea D este trasă de un fir neparalel cu planul înclinat (ridicare oblică), repartizarea greutăților asupra suporturilor etc. În sfîrșit, într-o ultimă parte a staticii *(spartostatica)*, care studiază echilibrul corpurilor susținute de fire, el ajunge să formuleze regula paralelogramului forțelor pentru cazul componentelor rectangulare.

HIDROSTATICA LUI STEVIN. Dar dacă contribuția lui Stevin în domeniul staticii, prin remarcabila claritate pe care el o imprimă acestei științe, l-a făcut să apară ca un al doilea creator al ei (după Arhimede), contribuția lui în domeniul hidrostaticii este poate și mai remarcabilă. Trebuie spus că, de la Arhimede, această disciplină nu mai realizase nici un progres.

Numai Benedetti, descoperind principiul echilibrului hidrostatic, a făcut în acest domeniu un pas înainte. Într-adevăr, în cartea sa *Diversarum speculationum... liber*, el spune că în mai multe vase comunicante apa se va afla în mod necesar la același nivel și deci dacă un corp de pompă AV este legat de o mică țeavă F (fig. 12), „apa din țeava F va fi suficientă pentru a rezista presiunii apei din corpul de pompă AV și invers, cu toate că apa din AV depășește ca volum și ca greutate apa din vasul F". Din aceste observații, Benedetti, fiind în această privință precursor al lui Pascal cu presa sa hidraulică, deduce că dacă corpul de pompă AV este de zece ori mai larg decît țeava F, va fi nevoie de o greutate de 10 livre în AV spre a susține o singură livră în F.

Stevin nu-l cunoștea pe Benedetti — el n-a citit decît *opusculul* lui J. Taisnier editat la Köln, fără să știe că acesta era un plagiat după lucrarea *Demonstratio* a lui Benedetti. Opera lui trebuie considerată ca fiind independentă și originală. Ea are de altfel o amploare cu totul diferită de cea a operei fizicianului italian. Într-adevăr, din aceeași constatare că în mai multe vase comunicante apa se găsește în echilibru și că din acest motiv apa dintr-o țeavă mică echilibrează cea dintr-un vas mare, el trage concluzia că *presiunile* exercitate de apa din țeava mică și de cea din vasul mare pe o suprafață de separație sînt egale. De aici, prin raționamente elegante și originale, el demonstrează că presiunea apei pe fundul unui vas nu depinde nici de forma acestuia, nici de volumul

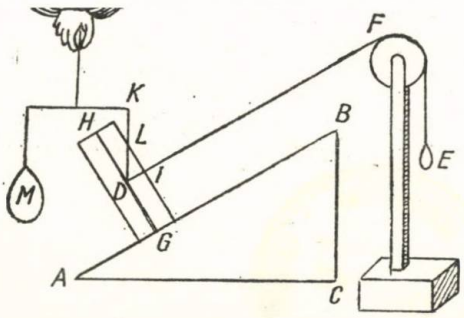


FIG. 11. CONDIȚIILE DE ECHILIBRU ALE UNUI CORP AFLAT PE UN PLAN ÎNCLINAT, DUPĂ STEVIN

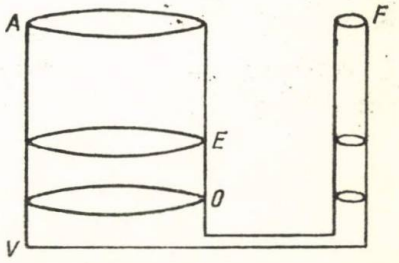


FIG. 12. STUDIUL LUI BENEDETTI ASUPRA VASELOR COMUNICANTE

apei pe care vasul îl conţine, ci numai de înălţimea lui. Cu alte cuvinte, ea este egală cu presiunea pe care ar exercita-o pe acest fund de vas greutatea unei prisme al cărei fund ar forma baza şi a cărei înălţime ar fi egală cu verticala ridicată de pe fundul vasului pînă la suprafaţa apei. Urmează de aici faimosul „paradox hidrostatic", potrivit căruia un fluid poate să exercite asupra fundului vasului care îl conţine o presiune mai mare decît greutatea lichidului.

Raţionamentul lui Stevin se bazează pe principiul (teor. IV, prop. IV) că un corp solid de formă oarecare şi cu aceeaşi greutate specifică ca şi apa *(parigrav)*, fiind scufundat în apă, rămîne în echilibru, oricare ar fi poziţia în care este aşezat şi că, prin urmare, înlocuirea unei părţi oarecare din apa conţinută în vas printr-un asemenea corp (principiul solidificării), nu schimbă cu nimic condiţiile de echilibru şi de presiune ale lichidului. Să înlocuim deci întreaga apă conţinută în vas printr-un asemenea corp solid, făcînd excepţie pentru o suprafaţă oarecare a bazei şi un canal de o formă oarecare care o leagă de suprafaţă. Presiunea nu se va schimba. Să golim canalul: presiunea va fi nulă. Să-l umplem din nou: presiunea se va restabili. Ea va fi mereu, oricare ar fi forma canalului şi deci volumul şi greutatea apei care exercită presiunea, egală cu cea pe care ar exercita-o o prismă dreaptă aşezată pe baza dată. Această presiune se va exercita, de altfel, atît de jos în sus, cît şi de sus în jos.

De aceea, dacă ne închipuim că fundul EF al vasului ILK este mobil (fig. 13) pentru a echilibra apa din vas este nevoie de o greutate mai mare decît greutatea acestei ape.

La studiul presiunii exercitate asupra fundului unui vas, Stevin adaugă studiul presiunii exercitate de lichid asupra pereţilor vasului care îl conţine.

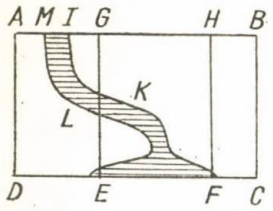


FIG. 13. DETERMINAREA DE CĂTRE STEVIN A PRESIUNII EXERCITATE DE UN LICHID PE FUNDUL UNUI VAS

Pentru a determina mărimea acestei presiuni, el secţionează peretele în tranşe orizontale şi reprezintă presiunea totală ca suma presiunilor parţiale exercitate de lichid asupra fiecăreia dintre aceste tranşe, presiuni care depind de adîncimea fiecăreia dintre tranşe sub nivelul apei. Stevin formează deci două serii, luînd ca profunzime a tranşei o dată cea a limitei ei superioare, iar a doua oară, cea a limitei ei inferioare. Prima sumă este mai mică, iar a doua, mai mare decît valoarea căutată, care formează limita comună şi pe care o găsim făcînd să crească la infinit numărul tranşelor. Presiunea exercitată de lichid asupra unui perete vertical va fi egală cu greutatea jumătăţii prismei avînd peretele drept bază şi o înălţime egală cu cea a nivelului apei din vas.

Prin considerații analoge, Stevin determină presiunile lichidului asupra unor pereți oblici și tratează chiar și cazul pereților curbilinii. Afară de aceasta, la demonstrația geometrică el adaugă și o probă numerică.

UN SEMN AL TIMPULUI. Inspirația arhimediană a acestor metode este evidentă. Rămîne însă meritul și gloria lui Stevin, faptul de a le fi folosit într-un domeniu în care nimeni înaintea lui nu s-a gîndit să le folosească.

Contribuția lui Stevin la teoria navei are o importanță secundară în comparație cu opera lui teoretică. Trebuie totuși arătat că-i datorăm lui Stevin nu numai demonstrarea faptului binecunoscut că o navă este cu atît mai stabilă cu cît centrul ei de greutate se află mai jos, ci și a adevărului că acest centru de greutate trebuie să se afle mai jos decît centrul de greutate al apei dezlocuite de carcasa vasului.

Vom termina, amintind că pentru contemporanii săi, cel mai mare titlu de glorie al lui Stevin nu a fost nici *Aritmetica*, nici *Statica* sa și nici chiar *Hidrostatica*, ci carul cu pînze pe care l-a construit în 1600 pentru Mauriciu de Nassau, car bun pentru 28 de pasageri și pe care nici un cal nu putea să-l ajungă din urmă.

Cartea a doua
ŞTIINŢELE NATURII

CAPITOLUL I
Ştiinţele Pămîntului[1]

Mai mult decît celelalte ştiinţe ale naturii, ştiinţele Pămîntului poartă în secolul al XVI-lea povara atitudinilor intelectuale sau psihologice moştenite din trecut sau legate de obiectul lor. Pămîntul, ca centru al lumii şi sediu al omului, are un rol esenţial în toate cosmologiile; dar adîncurile lui ascund comori şi poate chiar infernul. Omul, care pătrunde tremurînd în peşterile obscure, are şanse să găsească acolo în egală măsură metale preţioase şi demoni. Dar tot acolo omul de ştiinţă poate spera să surprindă natura la lucru. Caracterul prometeic al dorinţei de a cunoaşte nu este în nici un alt domeniu pregnant ca aici.

Cosmologia aristotelică atribuie Pămîntului o poziţie specială. Universul fiind etern, Pămîntul este etern ca şi el, ceea ce exclude ideea unor mari răsturnări geologice; dar fiind situat în lumea sublunară, spaţiu al naşterii şi al distrugerii, Pămîntul este expus unor schimbări neîncetate: pe de o parte, elementele se pot transforma unele în altele; pe de altă parte, şi mai ales, exalaţiile uscate şi umede care se ridică de la Pămînt sub influenţa corpurilor cereşti determină meteorologia, circuitul apelor şi chiar cutremurele de pămînt. O mulţime de fenomene geologice se explică deci prin cauze fizice, dar o cercetare sistematică nu este posibilă, dat fiind caracterul local al faptelor observate.

Dimpotrivă, cosmologia creştină impune ideea unei creaţii a universului într-un moment precis al timpului; perfecţiunea necesară, aproape divină, a acestui univers creat presupune o concordanţă perfectă între părţile lui; pentru Pămînt, repartizarea perfectă a reliefului său favorizează într-o măsură mai mare reflecţiile teleologice decît cercetarea cauzelor fizice. Cu toate că tradiţia părinţilor bisericii nu implică ideea unei creaţii terminate dintr-o dată, această idee s-a impus treptat şi cronologia biblică sugerează o dată precisă a acestei faceri a lumii. Variind de la un comentator la altul, această dată este situată de obicei în jurul anului 4000 î.e.n. Prinsă între eternitatea ambiguă a lui Aristotel şi durata scurtă a cronologiei biblice, istoria

[1] În acest capitol, textul dr. Delaunay a fost păstrat în întregime în paragrafele care se ocupă de apele termale, de mineralogie şi de tehnică minieră şi agricolă. — *N.A.*

BIBLIOTECA "GHEORGHE LAZĂR"

Pămîntului nu se va putea dezvolta și nu va putea lua în considerare decît fenomene de slabă amplitudine.

Pe de altă parte, ideea pe care oamenii și-o fac în mod general despre natură, ca putere mereu activă, pătrunsă de forțe care emană de la Dumnezeu, chiar dacă ea nu se confundă cu Dumnezeu, face din adîncurile Pămîntului scena unor transformări permanente. În cel mai bun caz, aceste transformări sînt de felul celor pe care alchimistul pretinde să le reproducă în laboratorul său; imaginate mai curînd după principiile alchimistului decît după modelul aristotelic al transformării elementelor, aceste transformări nu sînt încă reacții chimice, dar vor putea deveni în viitor. O explicație mai puțin reușită prezintă această activitate a naturii ca o operație magică în care poate interveni înrîurirea aștrilor. Natura sau *spiritus mundi* este aceea care dă unor anumite pietre forme ciudate de organe ale omului sau ale animalelor sau chiar de litere latine ori ebraice. În special fosilele vor fi considerate niște jocuri ale naturii. În orice caz, nu sînt clare hotarele dintre regnul mineral și cel viu: pietrele „vegetează" ca plantele, ceea ce înseamnă că ele sînt „însuflețite".

Se admite însă că se petrece ceva, că natura este mereu la lucru și că se poate deci porni la descoperirea secretului operațiilor ei. Această convingere conduce pe cei mai eminenți gînditori la căutarea cauzelor fizice ale unor fenomene ușor de constatat. „Stă scris în Cartea Facerii", spune Bernard Palissy, „că Dumnezeu a făcut toate lucrurile în șase zile și că s-a odihnit într-a șaptea. Cu toate acestea Dumnezeu nu a creat aceste lucruri pentru a le lăsa să trîndăvească, astfel încît fiecare dintre ele își face datoria" și acționează. Fără îndoială, mai lipsesc încă multe cunoștințe, mai trebuie descoperite multe concepte, reguli și metode experimentale pentru ca să se poată constitui o știință. Dar curiozitatea epocii acumulează cunoștințele de detaliu, schițează explicații parțiale pe care secolul al XVII-lea, mai preocupat de cosmogonii fizice, le va da uitării pentru multă vreme.

De altfel, curiozitatea secolului al XVI-lea este departe de a fi pur speculativă. În țările mediteraneene, apare preocuparea pentru studiul vulcanogenezei. Necesitățile medicinei stimulează cercetarea mineralogică și hidrologică, atribuind unor pietre virtuți tămăduitoare și utilizează ape termale. Capitalismul care se naște favorizează, mai ales în Germania, cercetarea minieră, dar manualele tehnice pe care această cercetare le cheamă la viață se limitează adesea la recomandări practice și numai rareori dezvoltă considerații generale. Dar aceasta nu se explică numai prin opoziția dintre teorie și practică, așa cum consideră Bernard Palissy în *Discursurile admirabile* ci se explică, poate, în primul rînd, prin spiritul însuși al secolului al XVI-lea.

STRUCTURA PĂMÎNTULUI. Dacă nimeni nu mai pune la îndoială forma sferică a Pămîntului, constituția fizică a globului și natura părților sale centrale formează obiectul unor vii discuții. Teoria focului central este o idee antică, dar teologia i-a redat vigoarea și Jaccopo Mariano de Sienna o folosește în secolul al XV-lea pentru a da o explicație generală a vulcanilor și a cutremurelor de pămînt. Pentru Cardano, dimpotrivă, masa globului este lichidă și continentele plutesc la suprafața apei, teză violent contestată de J.C. Sca-

liger, care consideră că masa globului este solidă și că mările nu ocupă decît un strat superficial destul de subțire. (*De Subtilitate*, 1557). Deși pare puțin răspîndită, această opinie este împărtășită de Leonardo da Vinci și de Agricola. Ea nu exclude existența în interiorul Pămîntului solid a unor imense caverne umplute, potrivit diverselor păreri, cu apă, cu flăcări sau cu vînturi violente a căror activitate este atestată de fenomenele de la suprafața Pămîntului. Ea nu exlude, de asemenea, existența unei mase considerabile de ape subterane.

RELIEFUL PĂMÎNTULUI ȘI CAUZELE SALE. Relieful Pămîntului este problema cea mai importantă și cea mai controversată. Pare admis de toată lumea că acest relief datează, în linii mari, de la facerea lumii. Pentru hughenotul Bernard Palissy „Dumnezeu a însemnat hotarele mării, pe care ea nu le poate depăși: așa au scris proorocii". Pentru Scaliger este tot atît de zadarnic să căutăm originea munților ca și originea universului întreg: munții au fost așezați de Dumnezeu la locurile cuvenite. Dar această teorie întîmpină obiecții serioase. Cea mai originală, dacă nu cea mai puternică, este ideea unei orogeneze provocate de atracția aștrilor. În acest caz, răspunde Scaliger, munții ar trebui să se rotească împreună cu stelele. Dar fixistul Scaliger încearcă, în mod greșit, să se debaraseze prea repede de alte soluții propuse ale acestei probleme. Căci el nu poate crede că relieful Pămîntului a suferit schimbări importante în perioada scursă de la facerea lumii.

Într-adevăr, cutremurele și vulcanii sugerează ideea unei anumite instabilități a scoarței Pămîntului. Din antichitate, Sicilia și regiunea Napoli constituie zona unei activități vulcanice intense care se prelungește pînă în secolul al XVI-lea (1488, 1527, 1538). În *Meteorologicele* sale, Aristotel atribuie acest fenomen vînturilor subterane, comprimate în caverne. Explicația este reluată de Scaliger, dar alții (Cardano, Bernard Palissy) invocă acțiunea focurilor subterane care mistuie mase de pucioasă, de pirite sau de cărbune de pămînt. Aceste focuri pot acționa direct sau pot genera exalații violente care acționează sub formă de vînturi subterane. Făcînd să explodeze bolțile cavernelor în care sînt închise, ele provoacă cutremurele, ridicarea vulcanilor și chiar apariția unor pămînturi noi, de exemplu, insula Mikra Kaimeri în golful Santorin (1573). Se pare totuși că nimeni nu s-a gîndit să extindă această explicație asupra tuturor munților globului pămîntesc. După părerea lui Agricola, dimpotrivă, focul nu poate decît să distrugă munții, mistuind părțile lor interioare. O observație curioasă a lui Scaliger, care afirmă că scufundarea unei mase solide într-o materie moale (de exemplu, a unei pietre în noroi) provoacă o ridicare laterală a suprafeței moi, pare abandonată foarte repede de autor, care nu vede concluziile ce se pot trage de aici.

Într-adevăr, teoria care predomină, în general, este concepția „neptuniană" în primul rînd. Pentru Leonardo da Vinci, munții, care sînt „oasele Pămîntului", erau acoperiți la origine de substanțe ușoare, pe care eroziunea le-a măcinat și le-a dus în locuri mai joase. Ideea nu este prea clară și trebuie admis că munții îmbrăcați cu pămînturi moi existau din momentul creației. Gîndirea lui Agricola pare mai precisă și mult mai îndrăzneață:

„Dealurile şi munţii sînt generaţi de două forţe: puterea apelor şi puterea vînturilor. Există trei forţe care zguduie şi distrug munţii, deoarece aici, la forţa apei şi la puterea vîntului, trebuie să adăugăm focul din interiorul Pămîntului. Acum putem vedea clar că o mare cantitate de apă produce munţi, deoarece, la început, şuvoaiele antrenează pămîntul moale, pe urmă duc pămîntul mai tare, în sfîrşit fac să se rostogolească stîncile pînă în jos şi astfel, în decurs de cîţiva ani, ele sapă şesuri sau depresiuni pînă la o mare adîncime. Aceasta se poate constata în regiunile muntoase chiar de către nişte observatori lipsiţi de experienţă. Săpînd astfel pînă la mari adîncimi de-a lungul secolelor, de fiecare parte se ridică o uriaşă grămadă. Cînd o grămadă s-a ridicat astfel, pămîntul se surpă, minat de ploile neîncetate, lovit de îngheţuri, şi stîncile, dacă nu sînt deosebit de solide, dat fiind că păturile lor sînt de asemenea muiate de umiditate, se surpă în depresiunea aşezată mai jos. Aceasta continuă pînă ce un povîrniş repede se schimbă într-o pantă lină. Fiecare latură a depresiunii se numeşte munte, iar fundul este numit vale...

Dar aceste schimbări, oricît de numeroase şi de importante ar fi, nu sînt atribuite de popor momentului exact în care s-au produs, căci din pricina vechimii lor, timpul, locul şi felul cum au început ele sînt, desigur, anterioare memoriei oamenilor".

Concluzia conţine un presentiment al imensităţii epocilor geologice şi tocmai în aceasta constă mai ales îndrăzneala textului, deşi aceeaşi observaţie poate fi găsită la Aristotel. Descrierea diverselor forme de eroziune prin forţa apei (ploi, îngheţ, ape curgătoare) este destul de precisă, dar ideea nu este nouă. Se ştia de la Herodot că Egiptul este un dar al Nilului, şi încă Strabon protestase împotriva abuzului de acest tip de explicaţii. Ea a fost totuşi reluată şi mult dezvoltată în special de Leonardo da Vinci, care examinează condiţiile în care apa curgătoare transportă şi depune aluviunile. Desigur, nu s-a întreprins nici un studiu serios asupra transportării diverselor materii minerale. Mai important este că ideea transportării materiei de către apele curgătoare învinge net ideea depunerii în apele stătătoare. Într-adevăr, cadrul cronologic impus de Biblie sugera ideea unor fenomene destul de rapide şi fenomenele stratificării nu atrag, în acea perioadă, atenţia învăţaţilor.

Ceea ce înlesneşte, în secolul al XVI-lea, succesul explicării reliefului prin rolul apelor, al eroziunii şi al sedimentării, este în primul rînd caracterul observabil al fenomenului, consemnat de Leonardo da Vinci ca şi de Bernard Palissy, cît şi extrema lui simplitate. Au contribuit, de asemenea, necunoaşterea generală a hidrostaticii şi a geografiei. Pentru Bernard Palissy, ca şi pentru mulţi alţii, nivelul mării este adesea mai ridicat decît pămîntul, dar numai în mijlocul său: „La capete ea ţine o măsură poruncită de Dumnezeu, pentru ca pămîntul să nu se scufunde în apă". Nivelul Mării Roşii este mai ridicat decît acela al Mării Mediterane, ceea ce este posibil, deoarece Oceanul Indian este într-o foarte mică măsură legat de Oceanul Atlantic. Se prea poate deci ca apa să fi inundat pămînturile şi să fi format munţii: nimeni nu-şi pune serios întrebarea ce s-a întîmplat pe urmă cu această apă. În sfîrşit, prezenţa apei în locuri care astăzi sînt ridicate este atestată de scoicile fosile.

PROBLEMA FOSILELOR. Existenţa fosilelor marine în locuri adesea foarte îndepărtate de mare era perfect cunoscută de către greci. Herodot, Aristotel, Strabon au dedus, de aici, în mod cu totul firesc, că odinioară marea acoperea aceste terenuri. În felul acesta se admitea, de la bun început, că aceste fosile erau nişte resturi de animale marine. Aristotel nu a susţinut cu fermitate această ipoteză, iar Pliniu admitea că e vorba, poate, de „pietre de trăznet" sau de „jocuri ale naturii", respectiv de formaţii pur minerale care imită fiinţe vii. Ambele sisteme găsesc adepţi în secolul al XVI-lea, al doilea fiind sprijinit — între alţii — de Mercati şi Olivi, care fac să intervină unitatea activităţilor naturii şi puterea generatoare a influenţelor astrale. Discuţia avea să dureze pînă în secolul al XVIII-lea, dar se pare că majoritatea savanţilor nu a ezitat niciodată în privinţa originii animale a fosilelor, teorie al cărei adept fusese şi Albertus Magnus. Leonardo da Vinci, Alessandro Alessandri (1460—1523) Fracastoro, Gesner, Cesalpino, Bernard Palissy nu au avut îndoieli în această privinţă. Problema adevărată consta în a şti în ce condiţii Pămîntul a fost acoperit de apă în locuri unde astăzi se descoperă fosile de mare. Cardano şi alţii apelează la Potopul biblic, singura explicaţie compatibilă cu durata scurtă a istoriei Pămîntului descrisă în întregime în Cartea Facerii şi la care omul ar fi asistat aproape de la început. Dar această explicaţie ridică dificultăţi, meticulos examinate de Leonardo da Vinci: dacă cochiliile au fost depuse de apele Potopului, ele s-ar găsi dispersate pe laturile munţilor şi nu strînse „toate la acelaşi nivel, în pături paralele". Leonardo admite deci că scoicile, trăind în apa de mare, au fost treptat acoperite de aluviunile aduse de apele curgătoare: „În felul acesta, scoicile au rămas îngropate şi moarte sub acest mîl, care a crescut atît de mult, încît fundul mării s-a ridicat în aer. Şi acum aceste funduri de mare au atins un nivel atît de înalt, încît au devenit dealuri sau munţi". Se pare că Leonardo nu observă că aceasta presupune o ridicare a bancurilor de fosile sau o coborîre a nivelului mării, dar această problemă se va pune chiar şi în secolul al XVIII-lea. Mai prudent, Bernard Palissy preferă să considere fosilele maritime ca resturi de animale de apă dulce, „generate chiar pe acest loc", deoarece nu poate nici el admite ca explicaţie Potopul şi, respectînd Biblia mai mult decît Leonardo, nu poate crede, asemenea acestuia, că oamenii au uitat timpurile cînd marea se extindea asupra atîtor pămînturi". Şi aici, durata scurtă a cronologiei biblice face aproape insolubilă o problemă a cărei soluţie va putea fi întrevăzută de-abia la sfîrşitul secolului al XVIII-lea. Este totuşi curios faptul că rareori (o excepţie fiind Fallopio) oamenii de ştiinţă s-au gîndit să aplice Potopului biblic explicaţia pe care Aristotel i-o dăduse potopului lui Deucalion, considerîndu-l drept un accident local. În fond, teoria catastrofelor nu prea exercită atracţie asupra savanţilor din epoca Renaşterii.

S-au făcut totuşi unele încercări de a identifica resturile fosile. Bernard Palissy apropie resturile fosile de arici de mare şi de scoici de speciile existente astăzi. Fabio Colonna consideră glosopterele drept nişte dinţi de rechini. O explicaţie mai stîngace vor da cei care consideră drept oase ale unor uriaşi biblici sau istorici nişte resturi pe care secolul al XVIII-lea le va atri-

bui elefanţilor sau mamuţilor. Între anii 1610 şi 1620 descoperirea oaselor „regelui Teutobochus" va mai da loc la o vie dispută asupra acestei probleme. Belemnitul va fi considerat mult timp drept „piatră de trăznet" sau chiar drept „lyncurium", adică urină de linx împietrită, iar multe alte fosile vor rămîne „jocuri ale naturii". De cea mai mare intuiţie dă dovadă în acest domeniu, desigur, Bernard Palissy, care nu ezită să recunoască printre fosile un mare număr de specii dispărute: „de peşti... a căror sămînţă s-a pierdut şi astăzi nici măcar nu ştim ce nume trebuie să le dăm", natura lor neputînd însă fi pusă la îndoială, deoarece „aceste forme nu ar fi putut apărea altfel decît venind din lucruri însufleţite". Chiar şi Gesner, care a dat o descriere atentă a fosilelor, însoţită de gravuri (*De rerum fossilium lapidum et gemmarum figuris*, 1565) nu a îndrăznit să ofere o explicaţie atît de generală.

FÎNTÎNILE ŞI APELE CURGĂTOARE. Rămînea de aflat de unde provine apa al cărei curs a transformat relieful Pămîntului. Necunoaşterea generală a legilor hidrostaticii, caracterul „elementar" şi magic, misterios al apei, adesea considerată ca mamă a lucrurilor, contribuie la menţinerea unor idei cu totul învechite. Se admite că apa ţîşneşte spontan din adîncul Pămîntului şi că sfîrşeşte prin a se întoarce acolo. O astfel de ţîşnire alimentează, după Pierre Belon, Marea Neagră, care se scurge neîncetat spre Marea Mediterană. Scaliger oferă chiar o explicaţie fizică a acestui fenomen: presată în peşterile subterane de greutatea pămînturilor şi a stîncilor, apa ţîşneşte la suprafaţă fie direct în interiorul mărilor, fie formînd izvoare, lacuri şi fîntîni, dintre care unele se găsesc pe culmile munţilor. Scaliger contrazice, de asemenea, punctul de vedere al lui Cardano, pentru care apa este rezultatul unei transformări subterane a aerului, de unde rezultă ploaia şi zăpada. Această concepţie seamănă foarte mult cu părerea lui Aristotel, şi Cardano o foloseşte ca şi acesta, pentru a explica revărsările periodice ale Nilului. Scaliger obiectează că în Etiopia nu există zăpadă.

Ideea unui uriaş circuit subteran care începe în mare şi se întoarce la mare pare acceptată de mai toţi. Părintele Kircher, în mijlocul secolului al XVII-lea, o mai prezintă încă drept un „sistem ideal", într-o gravură excelentă în care ipoteza focului central ia locul presiunii imaginate de Scaliger: focul mînă apa pînă la culmile munţilor. Rămîne însă greu de explicat de ce apa provenită din mare dă naştere la izvoare de apă dulce. Uitînd de „rîurile subterane" despre care a vorbit, Scaliger explică că Pămîntul are un rol de filtru şi reţine sarea mărilor. Şi în această privinţă Bernard Palissy propune o soluţie justă: apa se evaporă din mare şi din pămînturile umede şi formează nori care cad sub formă de ploaie. Este o argumentare într-adevăr remarcabilă. Ipotezei curenţilor de apă subterani, care se ridică de la mare la izvoare, Palissy îi opune obiecţia că aceşti curenţi nefiind ţinuţi în nişte canale închise, apa „s-ar revărsa prin prima deschizătură pe care ar găsi-o" Iar cînd i se obiectează şi lui, că, potrivit sistemului său, apa de ploaie provenită din mare ar trebui să fie sărată, el răspunde invocînd exemplul salinelor maritime: „În felul acesta vedem că norii care se ridică din apa mării nu sînt de loc sărați. Căci dacă soarele şi vîntul ar evapora apa sărată din mare (...), ar fi cu neputinţă să facem

sare". Toate aceste consideraţii se sprijină pe un realism fizic cu atît mai remarcabil, cu cît Palissy are o idee deosebit de complexă despre apă. Vom adăuga că Palissy a înţeles foarte bine că apele de ploaie traversează straturi permeabile şi se opresc pe „funduri de piatră sau de pămînt argilos". El a înţeles, de asemenea, foarte bine existenţa reţelei freatice şi motivele variaţiilor în nivelul ei.

Apele termale au un mare rol în terapeutica secolului al XVI-lea şi sînt apreciate în special de medicii cu tendinţe spre chimioterapie, care consideră că aceste ape pot aduce bolnavilor substanţe direct elaborate de natură în laboratoarele ei subterane. Este cazul lui Paracelsus, dar şi al multor altor medici care nu ţin de şcoala lui.

Observaţiile şi teoriile privind natura şi compoziţia apelor, sînt numeroase. În unele localităţi din Alpi şi din Bigorre există ape vătămătoare, producătoare de guşă, fapt relatat de Peletier şi Palissy. Există, pe de altă parte, ape tămăduitoare, datorită principiilor pe care le conţin sau temperaturii lor şi de la care omenirea aşteaptă din cele mai vechi timpuri uşurarea suferinţelor sale. Palissy consideră că aceste ape termale sînt „încălzite de o ardere (subpămînteană) a pucioasei, a cărbunelui de pămînt, a bulgărilor de pămînt şi a bitumului", aprinse poate de o scînteie provocată de alunecarea unor stînci. Bitum! spune şi Agricola. Primii clinicieni şi hidrologi caută secretul virtuţilor pe care le posedă apele în analiza lor (distilare, concentrare, evaporare, examenul şi dizolvarea reziduului). Astfel procedează Gonthier d'Andernach şi, în lucrarea sa, *Pison* (1572), Leonhardt Thurneisser; Paracelsus care împarte corpurile şi bolile după trei principii prime — mercur, sulf şi sare — raportează virtuţile hidrotermale la aceşti factori. Paré, mai eclectic, distinge băi sulfuroase, aluminoase, bituminoase, cuproase, feroase, cu conţinut de plumb şi de gips. Virtuţile apei de Spa se datoresc unei mine de fier. Apa din unele puţuri din Lorena şi a unor izvoare minerale din Bearn are gust iute, datorită sării de bucătărie. Dar uleiurile şi sărurile (vitriolul, piatra-vînătă, alaunul) pot face însă ca apele să capete proprietăţi dăunătoare omului (Palissy, Peletier).

Ştiinţa şi reclama cataloghează aceste izvoare binefăcătoare prin pana lui Michele Savonarola (*De omnibus mundi balneis*, Bologna, 1493), a lui Remaclus Fuchs de Liège (*Historia omnium aquarum*, Paris, 1542), a lui Gesner, (*De balneis*, 1553), a lui Falloppio (*De thermalibus aquis libri VII*, Veneţia, 1564), a lui Martin Ruland (*Hydriatice*, 1568), a lui Andrea Bacci, medicul papei Sixtus al V-lea (*De thermis libri VII*, Veneţia, 1571).

Aceste staţiuni, cunoscute încă de gali (Plombières, Luxeuil) şi de romani, încep din nou să fie frecventate. Albrecht Dürer prezintă în tablourile sale oamenii care ies din apă după baie, la Aix-la-Chapelle, în sunetele muzicii. Carlsbad atrage pe cei răniţi în războaie. Francezii din secolul al XVI-lea merg la Pougues. Borvo, vechiul zeu gal al fîntînilor tămăduitoare, îşi acordă încă patronajul său localităţilor Bourbon-l'Archambault, Bourbon-Lancy, Bourbonne. În sudul Franţei sînt cunoscute apele din Balaruc şi Barèges; Henric al II-lea de Navarra recurge la apele din Eaux-Bonnes pentru a-şi cicatriza rănile primite la Pavia. Margareta de Navarra merge la băi la Cauterets în 1546 şi în 1547; staţiunile balneare din Europa găsesc în persoana lui Michel

de Montaigne un pelerin dornic de vindecare şi perseverent, dar şi decepţionat.

Alte izvoare atrag doar curioşi. „În unele locuri — spune Belon — apa produce excreţii de la sine şi se transformă în piatră". Este cazul fîntînii şi al podului natural de la Saint-Allyre, lîngă Clermont, pe care Carol al IX-lea le-a onorat cu vizita sa şi pe care Belleforest le semnalează în tratatul său *Cosmographie universelle* (1575).

MINERALOGIA. Savanţii noştri nu erau încă bine fixaţi asupra limitelor celor trei regnuri ale naturii, iar scara fiinţelor oferea incertitudinii lor toate etapele de tranziţie posibile. Ei înscriau în regnul mineral produsele unor secreţii organice (perlele), depuneri patologice (bezoarul) şi chiar animale necunoscute. Caesius încadrează printre pietre mărgeanul, pe care Encelius îl tratează sub numele de *Frutex marinus* ca pe o plantă solidificată. Tot pentru Encelius, buretele său *Zoophyton* este o fiinţă intermediară *neque animal neque frutex; illi commixta est natura animalis et plantae*. Alte confuzii în detrimentul regnului vegetal se referă la tămîie şi camfor, pe care Caesius le plasează printre răşinile întărite. Chihlimbarul este un fel de bitum provenit din puţuri ascunse, îngheţat de răceala apei de mare şi aruncat de valuri pe ţărm! „Nu trebuie să ne încredem — spune Belon — în denumirile lucrurilor chiar cele folosite în vulg, dacă nu corespund descrierilor autorilor antici". Nenorocirea este că aceste descrieri sînt uneori de o supărătoare concizie şi se contrazic în modul cel mai flagrant: există denumiri greceşti şi latine (Rabelais îşi extrage informaţiile mineralogice din Pliniu), ebraice, arabe împrumutate din *Canonul* lui Avicenna sau din lucrările alchimiştilor. Toate acestea s-au amestecat în *Lapidariile* medievale mai mult sau mai puţin autentice (*Lapidariul* latin zis al lui Aristotel este apocrif), sau în *Summele* compilatorilor (Isidor, Albertus Magnus, Vincent de Beauvais etc.), în care se găsesc greşeli de tipar, de traducere şi contrasensuri.

În aceste condiţii, nomenclatura este de o confuzie extremă şi are cele mai diverse etimologii: ebraică (*sardonix*, de la *sared*, roşu); arabă (*tinkar*-borat de sodiu; *quadmyia* = cadmie; *talq* = talc); persana arabizată (*burah*, la arabi *burag* = borax; *lazuward* = lazulit) fără a pune la socoteală împrumuturile din clasicii greco-latini de inspiraţie legendară (*aetit*), geografică (*Lapis Assius*, *Armenius*, *Arabicus*, *Thebaïcus*, *Aethiopicus*; pămînturile *Cimolia* de Lemnos, de Samos, de Chios); morfologică (*chelonite*, *botrite*), mono-sau policromică (galactit, ofit, echit). Cît despre cuvîntul bazalt, el provine din limba etiopiană!

Este foarte uşor să te pierzi în această învălmăşeală de denumiri. Dacă exegeţii rămîn nesiguri, fiecare autor care împrumută vocabule vechi le aplică după gustul său. Bazaltul nostru, denumire conferită încă de Agricola rocilor negre eruptive de formă prismatică, care se găsesc în Saxonia, nu este probabil bazaltul lui Pliniu.

După problema gnoseologică, se punea problema clasificării. Părăsind taxonomia alfabetică în ordinea denumirilor latine, savanţii noştri revin la un cadru de ordin macroscopic şi empiric conturat de Aristotel şi Teofrast:

fosilele sînt presupuse a fi de origine terestră, iar metalele, fiind fuzibile, sînt considerate de origine acvatică; această schemă este reluată de Pliniu, care deosebeşte metalele, pămînturile, pietrele şi gemele. Encelius se foloseşte de o împărţire analogă, la fel ca şi Agricola care distinge *fossilia* şi *metallica*. *Fossilia* sînt uneori amorfe, fărîmicioase şi difuze (pămînturi); alteori compacte (roci), masive sau concentrate (filoane, noduli); în sfîrşit, în alte cazuri „îngheţate" (cristalizate) şi mai mult sau mai puţin transparente (minerale hialine, geme). La acestea trebuie adăugate sulfurile şi sărurile.

1) *Pămînturile.* Produsele denumite *pămînturi*, spune Palissy, sînt „materii care nu se pot evapora sau sublima sub acţiunea focului". Această denumire grupează straturile amorfe şi vulgare, fie mişcătoare ca nisipul, fie friabile cum e creta, fie moi ca argila şi marna albă. Dar se cunosc şi alte argile, nisipoase, smectice, sau absorbante „pe care le folosesc postăvarii"; mai trebuie să adăugăm pămîntul de Lemnos sau pămîntul aşa-zis sigilat, care trecea drept antidot; de asemenea, pămînturile astringente de Samos şi Chios, pămîntul Cimolia sau de Creta şi amplitida, folosită în cosmetică şi ca substanţă pentru distrugerea viermilor în vie.

2) *Rocile masive. Rocile (saxa,* la Encelius) sînt fie aşezate ca nişte foi (şişturi), fie nisipoase (gresii, *sandstein* la Encelius), fie compacte, dar uneori poliedrice (Agricola menţionează coloanele bazaltice de la Meissen); fie sticloase (silex, *saxum cornutum* sau *hornstein* la Encelius).

3) *Vine şi filoane.* Elementele minerale, diferenţiate în bancuri, vine, filoane, amorfe sau cristaline, sînt datorate, după Agricola, umplerii unor goluri existente mai de mult, care au apărut prin ridicarea munţilor, sau unor precipitaţii de ordin fizic; fie, aşa cum credeau Pliniu şi Teofrast, exalaţii calde şi uscate, fie produse, după cum spune Belleau:

„Dintr-o uscăciune apoasă din care a dispărut umoarea,
Înfierbîntată de căldură sau răcită de frig".

Proba originii apoase ne este furnizată de *enhydra* anticilor şi a lui Agricola, „piatra plîngătoare" a lui Belleau. Palissy insistă asupra ultimului factor (conglutinare, coagulare, îngheţ) şi invocă „apele congelative" care precipită şi întăresc produsele iniţial dizolvate. Aşa se întîmplă cu cristalul de stîncă şi cu alte pietre transparente care s-au întărit la fel cum apa se transformă la ger în gheaţă.

Studiind cristalele de stîncă, Encelius remarcă prismele cu trei sau şase feţe, iar Palissy patrulaterele şi piramidele, pentagoanele, hexagoanele, heptagoanele; el a văzut, printre ardeziile din Ardena, pirita sau marcasita scînteind „în feţe pătrate ca zarurile" iar în carierele din Montmartre gipsul clivîndu-se în foi „tot atît de subţiri ca foile de hîrtie" şi... „tot atît de clare ca sticla". Dar nimeni nu se gîndeşte să clasifice după criterii geometrice aceste cristale.

4) *Sărurile.* După cum se va vedea mai departe, definirea acestora este dificilă. Amintim că clorura de sodiu este cunoscută încă din antichitate sub două forme: sarea de mare, pe care *ars facit* şi sarea gemă, care se extrage din „ocnele din Polonia", de la Salzburg, de la Stassfurt, şi despre care au scris pe larg Agricola şi Palissy.

Termenul de nitru, denumire confuză la antici şi care desemnează în opera lui Pliniu exsudate saline, mai mult sau mai puţin complexe *(natron)*, în care precumpăneşte carbonatul de sodiu, este aplicat de Agricola şi Aldrovandi salpetrului din peşteri (azotat de potasiu). Belon atribuie această denumire carbonatului de sodiu ale cărui eflorescenţe le observă între Cairo şi Ierusalim. Urmîndu-i pe antici, Agricola mai confundă nitrul cu boraxul *(tinkar*-ul lui Avicenna, *chrysocilla* la alţi autori).

5) *Gemele.* În literatură abundă referirile la geme, dar identificarea lor este adesea dificilă. Rabelais împrumută menţiunea despre giuvaerurile cu care se împodobesc călugăriţele din Théléme de la Pliniu. Marbodius, în secolul al XI-lea, a scris un poem despre virtuţile gemelor; Gilles Corrozet aminteşte despre ele în lucrarea sa *Blasons domestiques* (1539), Jean de la Taille în a sa *Blason des pierres précieuses* (1572), iar Rémy Belleau în poemul său *Amours et nouveaux eschanges des pierres précieuses* (1576). Virtuţile oculte ale gemelor nu erau puse la îndoială: Campanella asigură că mărgeanul, pus pe pielea unui bolnav cu febră, se decolorează, iar Belleau afirmă că peruzeaua care figurează printre podoabele unui bolnav se alterează şi capătă „o culoare ştearsă şi veştedă".

6) *Metalele şi metalogenia.* Am văzut rolul atribuit aştrilor în metalogenie, rol confirmat de denumirile alchimice care închină aurul Soarelui, argintul Lunii, plumbul alb (staniul) lui Jupiter, plumbul negru (plumbul) lui Saturn, cuprul lui Venus, fierul lui Marte, argintul viu lui Mercur.

Trebuie făcută însă o distincţie. Paracelsus şi Duchesne împart metalele în două clase: metalele perfecte, ca aurul şi argintul, şi metalele imperfecte — fierul, cuprul, plumbul, staniul — la care Palissy adaugă antimoniul, considerîndu-l „un început de plumb şi argint". Acestea din urmă sînt, potrivit spuselor alchimiştilor noştri, stricate de un amestec de sulf şi de argint viu în proporţii variabile, după specie şi, în consecinţă, pentru a le aduce la perfecţiune trebuie eliminat din ele sulful.

J. Aubert ripostează că nu există metale perfecte sau imperfecte. Fiecare metal, realizîndu-şi forma proprie sau entelechia, este în sine perfect. El reprezintă un tip esenţial voit de Dumnezeu şi pe care nimeni nu are puterea să-l modifice.

Aceste argumente scolastice nu au convins nici pe Duchesne, nici pe Hotman, în timp ce Agricola se încăpăţîna să se îndoiască şi el de posibilităţile chrysopeei. Iată-ne reveniţi la raţionamentul aristotelic care, susţinut de Albertus Magnus şi de Toma d'Aquino, înţelege să reconstituie universul în abstract, pornind numai de la entităţile fizice şi mecanice din planul natural: plinul şi vidul, mişcarea şi repausul, cele patru calităţi (caldul, recele, uscatul şi

umedul) pe care le manifestă elementele constitutive ale lumii materiale: focul, cald şi uscat; apa, rece şi umedă; aerul, cald şi umed; pămîntul, rece şi uscat.

După Aristotel, metalele s-au născut în pămînt datorită exalaţiilor uscate sau umede, sub influenţa mişcării şi a luminii cerului. Albertus Magnus neagă, ce-i drept, acţiunea frigului. Dar J. Aubert declară că cea mai apropiată cauză este sau frigul, sau căldura. Căldura subterană degajă vapori metalici specifici care se condensează în crăpături sub acţiunea frigului şi a timpului, într-un amestec care puţin cîte puţin se întăreşte, se purifică şi se concentrează în cele din urmă sub formă de metal.

Nu era totul imaginar în aceste ipoteze. Autorii lor explicau fenomenele fizice şi chimice potrivit vocabularului şi bîjbîielilor lor experimentale; spiritele lor nu erau altceva decît aburii metalici ai fumarolelor sau vaporii de apă bathidrici. „Naşterea mineralelor este lămurită de chimie, va scrie Leibniz în lucrarea sa *Protogeea*. Dar chimia era abia la începuturile ei. Cît despre virtuţile baghetei magice, în care tot mai cred căutătorii de zăcăminte minerale, poate că ele corespund unei anticipaţii a procedeelor noastre de prospectare geofizică. Forţele ascunse, pe atunci inexplicabile, ale naturii nu se manifestă oare deja prin perseverenţa cu care busola indică nordul, prin atracţia pe care o exercită magnetul asupra fierului, precum şi gagatul şi chihlimbarul frecate uscat, asupra unor aşchii mici?

TEHNICA MINIERĂ ŞI AGRICOLĂ. Exploatarea carierelor şi minelor a dat naştere unei vaste literaturi tehnice şi metalurgice. În Italia apare cartea *De la pirotechnica* a lui Vannocio Biringuccio din Siena (1540), în Spania cărţile lui Perez de la Varga (*De re metallica*, 1569) şi ale lui Villa Feina (1572); în Germania, cărţile lui Libavius, Weiner, Mathesius, care mai poartă amprenta alchimiei; cartea lui Encelius (*De re metallica*, 1551), a lui Lazarus Ercker (1573), care se ocupă de docimazie şi de analiza chimică a minereurilor. Dar marele maestru este Agricola, al cărui tratat, prin excelenţă practic, dezvăluie arta de a descoperi, repera, măsura filoanele metalifere (el admite folosirea busolei, dar rămîne sceptic în ceea ce priveşte virtuţiile baghetei magice sau *virgula* pentru descoperirea zăcămintelor). Mai specializate decît compilaţiile lui Gesner sau ale lui Aldovrandi , dar scrise încă în limba latină, aceste lucrări se adresează tehnicienilor. Trebuie însă satisfăcuţi şi umilii industriaşi care au nevoie de manuale mai accesibile şi redactate în limba lor naţională. O asemenea carte este *Bergbüchlein* scrisă la Freiberg de Ulrich von Kalbe (Calbus) şi editată la Augsburg (1505). O primă traducere a tratatului lui Agricola *De re metallica*, va apărea la Basel în 1557. Cît despre Palissy, el expune rezultatele experienţei sale de „lucrător în pămînt", şi „inventator al figulinelor rustice" în limba franceză, pentru motive explicabile.

Foarte adesea încă, foametea, consecinţă a războaielor sau a secetei, face mai stringentă lupta pentru pîinea cea de toate zilele. Descoperitorii de noi căi în agronomie se preocupă de „gospodărirea ogoarelor", ca Olivier de Serres, deosebesc, ca Ch. Estienne şi J. Liébault, varietăţile de sol proprii pentru diferitele culturi, caută mijloace de a ameliora randamentul solului. Nu s-a ajuns

încă la amendamentele calcaroase, dar se practică îngrăşarea pămîntului cu marnă, procedeu recomandat de Palissy şi de Olivier de Serres.

O ŞTIINŢĂ NESIGURĂ. Divizate între speculaţiile generale asupra ordinii lumii, medicina, chimia, ştiinţa mineritului, agricultura, ştiinţele Pămîntului nu şi-au putut descoperi nici obiectul, nici metodele. Fiecare tradiţie aduce deprinderile sale mintale şi unanimitatea se realizează mai lesne în credinţele iraţionale decît în cunoştinţele pozitive. Nu este o distanţă prea mare de la cobolţi şi nicheli, demoni familiari ai minelor, a căror existenţă pare s-o admită Agricola, pînă la forţele misterioase care acţionează în laboratoarele subterane ale naturii. Dar dincolo de tendinţele majore care se înfruntă — cea aristotelică, cea chimică şi cea fizică — se realizează un acord în cercetarea cauzelor actuale: pentru toţi savanţii din secolul al XVII-lea natura lucrează neîncetat şi această convingere permite să se facă observaţii remarcabile în special în domeniul fenomenelor fizice. După marile cosmogonii din secolul al XVII-lea şi chiar după lucrările lui Stenon, oamenii de ştiinţă din secolul al XVIII-lea vor descoperi, cu admiraţie, lucrările uitate ale lui Bernard Palissy.

CAPITOLUL II
Chimia

A. PRACTICA ŞI TEORIA MOŞTENITE DIN EVUL MEDIU

Curiozitatea istoricilor a fost solicitată mai mult de limbajul pitoresc al tratatelor alchimice decît de conţinutul tehnic al acestor texte. De aceea chimia primelor secole s-a redus pentru mulţi la ştiinţa spagirică a scriitorilor mistici. Ea apare ca un tablou de concepţii confuze foarte depărtate de fenomenele reale care le-au dat naştere. Teoria elementelor fundamentale şi cea a principiilor calitative sînt estompate în faţa mitului evoluţiei perfectibile a metalelor; se recurge, pe scară largă, la terminologia alegorică în detrimentul analizei precise a cunoştinţelor chimice autentice ale epocii.

Desigur, nu trebuie să suprimăm din istoria chimiei această fabulaţie misticospiritualistă sub dominaţia căreia se mai găseau chimiştii din secolele XV şi XVI. Influenţa ei se face puternic simţită pînă la sfîrşitul secolului al XVIII-lea. Dar pentru a avea o idee mai precisă despre felul cum chimia a devenit o ştiinţă exactă, este necesar să încercăm să identificăm cunoştinţele concrete ale fiecărei epoci. Tabloul pe care îl putem stabili pentru mijlocul secolului al XV-lea nu este, de altfel, mult diferit de ceea ce cunoaştem din evul mediu, deoarece multă vreme cunoştinţele din acest domeniu au rămas aproape staţionare.

DOBÎNDIREA DE CUNOŞTINŢE PRIN PRACTICĂ. Contrar unei păreri general admise, nu alchimiştii doctrinari au pus primele baze ale chimiei, ci practicienii. Oricît de departe am căuta în trecut, nu putem găsi o epocă în care să nu fi existat o practică bine formată, cuprinzînd numeroase procedee tradiţionale. Prima reacţie chimică provocată în mod artificial de oameni a fost, fără îndoială, o oxidare, iar a doua a fost reducerea unui oxid metalic. Se cunoşteau însă şi numeroase manipulări de produse organice: fermentarea laptelui sau a extractelor vegetale, prepararea şi folosirea oţetului.

Astfel, înainte încă de începerea perioadei istorice, oamenii erau deja în posesia procedeelor elementare ale unei industrii chimice. Ele s-au dezvoltat continuu, la început ca număr. Fermentaţia era folosită pentru prepararea unor alimente şi băuturi. Putrefacţia permitea să se jupoaie mai uşor pieile animalelor, iar mai tîrziu să se treacă la topitul fibrelor textile, în sfîrşit, să se obţină

unul dintre primii compuși chimici cunoscuți de oameni, țipirigul. Manipulările care aveau să conducă încetul cu încetul la elaborarea procedeelor de chimie organică au fost folosite, la început, pentru extragerea coloranților și a parfumurilor vegetale.

Înainte de utilizarea produselor vegetale, coloranții folosiți constau, fără îndoială, din pigmenți minerali culeși din sol. Încă din epoca omului din Neandertal se extrăgeau blocuri de oxid de mangan care erau răzuite pentru obținerea unei materii colorante. Arheologii au descoperit, de asemenea, schelete colorate în roșu a căror vîrstă datează din solutrean sau magdalenian, ceea ce arată că folosirea fardurilor minerale era cunoscută încă din epoca renului. Toate aceste produse serveau nu numai artiștilor, care au decorat pereții grotelor, ci și meseriașilor care începură ceva mai tîrziu să vopsească țesăturile din care se confecționau hainele. Pe măsură ce industria textilă se răspîndea în lumea locuită de oameni, aceștia au învățat să distingă și să culeagă pămînturi colorante din solul lor, adică au inventat primele procedee de separare a compușilor naturali. Cunoștințele lor s-au extins, de asemenea, asupra unor produse exotice, de exemplu, alaunul, care a devenit foarte devreme obiectul unui comerț activ.

Poate că negoțul de coloranți vegetali și minerali și de adjuvanți ai acestora a contribuit cel mai mult la uniformizarea cunoștințelor de chimie ale diverselor grupuri ale populației. Industriile care recurgeau la folosirea focului — metalurgia pe de o parte și ceramica pe de alta — au contribuit, și ele, la studiul compoziției minereurilor și pămînturilor. Dar materiile prime se găseau răspîndite din belșug la suprafața pămîntului, iar valoarea comercială a celor mai multe dintre ele nu era suficient de ridicată pentru a acoperi cheltuielile legate de transportul la mari depărtări. Minereurile de staniu și de mercur, care se extrăgeau doar din cîteva zăcăminte localizate, au fost singurele care au constituit încă din antichitate obiectul unui comerț important și împreună cu ele au fost răspîndite prin lumea civilizată sulfurile de antimoniu și de arsen, apreciate în curînd peste tot. Într-adevăr, sulfurile metalice au fost cei mai studiați și cei mai folosiți compuși minerali și se poate spune că, pînă la sfîrșitul secolului al XV-lea, știința chimică a fost, în esență, o chimie a sulfurilor.

TRANSMITEREA CUNOȘTINȚELOR. Sulfurile, oxizii și sulfații metalici, cîteva săruri alcaline, cîțiva carbonați, cîteva cloruri, cîțiva nitrați — iată corpurile pe care oamenii au învățat rudimentele chimiei. Generații de meșteșugari și muncitori au avut o tradiție, transmisă la început oral, apoi fixată în scris, probabil în primele secole ale erei noastre. Aceste texte, completate prin contribuția fiecărui compilator și fiecărui traducător, au ajuns să fie cunoscute de lumea occidentală începînd cu secolul al XIV-lea. În cea mai mare parte este vorba de tratate tehnice privind meșteșugul vopsitului și al prelucrării aurului și argintului. Aproape toate sînt marcate de spiritul alchimic, chiar dacă nu sînt scrise în acel limbaj ezoteric care pare să fie fațada de rigoare a alchimiei. Frazeologia simbolică nu intervine decît atunci cînd este vorba despre rețete ale pietrei filozofale. Încolo, procedeele curente ale vopsitului,

bunăoară, sînt descrise în limbajul comun. Totuşi stilul acestor lucrări surprinde pe cititorul neavizat şi-l lasă destul de dezorientat. Terminologia este, în mod firesc, destul de obscură. Dacă autorul a şovăit între dorinţa de a se arăta savant şi teama de a divulga secrete tehnice, el rămâne mai puţin confuz decît un alchimist, care încearcă să disimuleze, cu ajutorul unui limbaj voit abscons, ignoranţa sa cu privire la misterele de care se ocupă.

Este interesant să notăm că folosirea semnelor alchimice nu datează decît din secolul al XV-lea şi a fost răspîndită în mod curent de chimiştii din secolul al XVI-lea, care scriau în limba latină. Grecii au făcut uz de semnele planetelor pentru a desemna metalele, dar arabii aproape că au renunţat la această practică, care a reapărut puţin cîte puţin în manuscrisele latine din secolele XIII şi XIV.

INTERVENŢIA ALCHIMIŞTILOR. Necesităţile tehnice ale vopsitului şi ale metalurgiei nu ar fi fost suficiente pentru a contribui la acumularea pînă în secolul al XV-lea a unui bagaj important de cunoştinţe. Ele foloseau un număr limitat de procedee, iar evoluţia generală lentă a industriei nu stimula nici perfecţionarea, nici înmulţirea lor. Reducerea sulfurilor şi a oxizilor metalici pentru prepararea metalelor nu prilejuia prea multe observaţii asupra proprietăţilor compuşilor şi a reacţiilor care interveneau. Prepararea coloranţilor nu îmbogăţea experienţa decît cu unele operaţii de extracţie sau de măcinare, de stoarcere şi de concentrare pentru coloranţii vegetali. Folosirea mordanţilor a prilejuit, probabil, observarea proprietăţilor alaunilor. Familiarizîndu-i pe lucrători cu vitriolurile, ea a condus treptat, fără îndoială, la prepararea acizilor în secolul al XII-lea sau în secolul al XIV-lea.

Trebuie să constatăm că dacă cunoaşterea corpurilor şi a reacţiilor lor era destul de dezvoltată către sfîrşitul evului mediu, aceasta se datora faptului că alchimiştii au urmărit cu totul alte obiective decît fabricarea industrială a coloranţilor sau a metalelor. Totodată, nu trebuie totuşi să atribuim visului tradiţional al transmutării metalelor ordinare în aur o influenţă prea mare în acest proces de dezvoltare. Filozofia mistico-spiritualistă a materiei care însoţeşte reţetele pietrei filozofale pare să se fi dezvoltat mai ales într-o epocă în care alchimia tradiţională era deja depăşită. Şi, într-adevăr, ea nu a jucat niciun rol istoric în elaborarea ştiinţei chimice.

AURARII ŞI ORFEVRII. Mai importante au fost în această privinţă procedeele meşteşugăreşti ale aurarilor şi ale orfevrilor, procedee care au constituit esenţa reţetelor alchimice. Aurul şi aliajele sale erau la mare preţ încă din antichitate. Se cunoşteau numeroase denumiri de aliaje de aur şi de argint, a căror preparare este expusă în compilaţiile autorilor medievali. Aceste reţete arată că obiectul operaţiilor nu era atît transmutarea metalelor în aur, cît încercarea de a da unui aliaj metalic, care nu conţinea aur sau îl conţinea în cantităţi mici, aparenţa metalului preţios prin folosirea cuprului, a sulfurilor de arsen şi a oxizilor coloraţi.

Încă de la începutul epocii alexandrine, orfevrii şi chimiştii cunoşteau de acum mai multe procedee pentru analiza aliajelor de aur, precum şi a aliajelor

altor metale, ca argintul, cuprul, plumbul. În procesul de cupelare erau folosite sulful, sulfurile metalice şi diverse săruri. Din această epocă datează, de asemenea, primele procedee de imitare a aurului. Ele au cunoscut o perfecţionare rapidă şi prin secolul al VI-lea al erei noastre culegerea de reţete, care avea să ajungă în mîinile chimiştilor din generaţia lui Paracelsus, era deja completă. Produsele care revin cel mai frecvent în aceste reţete sînt sulfurile de arsen; denumirea uneia dintre ele — orpimentul sau auripigmentul *(auri pigmentum)* — explică motivul pentru care ele au suscitat interes.

CHIMIA AURARILOR. Datorită instabilităţii care înlesnea descompunerea şi prepararea lor, datorită varietăţii aspectului lor în funcţie de împrejurările în care erau preparaţi, compuşii arsenului şi-au găsit în mod firesc locul central în această chimie a aurarilor. Aceşti compuşi erau cunoscuţi sub denumiri diverse: alături de orpiment, termenii cei mai curenţi erau: realgarul, sandaracul, şofranul, care desemnau o sulfură galbenă sau roşie din care se extrăgea arsenul metalic. Produşii oxidării arsenului erau deja cunoscuţi din secolul al V-lea. Termenul de arsenic este folosit pentru a desemna produsele prăjirii — oxidul şi acidul arsenios. Cît despre arsenul metalic, el era considerat chiar într-o epocă relativ recentă drept un „mercur".

Această apropiere nu trebuie să fie interpretată ca o simplă confuzie dintre cele două corpuri. Unele corpuri erau confundate într-adevăr cu altele pînă în momentul cînd se ajungea la izolarea şi identificarea lor definitivă; aşa s-a întîmplat cu antimoniul, care nu a fost identificat decît la sfîrşitul secolului al XIV-lea. Cît despre arsen şi mercur, distincţia dintre ele a fost stabilită foarte de timpuriu. Desemnînd arsenul ca „mercur", chimiştii doreau să accentueze unele proprietăţi comune şi în special labilitatea compuşilor sulfuroşi sau oxigenaţi ai celor două corpuri. Vom mai reveni, de altfel, asupra acestui subiect. În pofida acestei terminologii ambigue, chimiştii epocii respective reuşeau să-şi dea seama de fiecare dată despre care anume corp era vorba; contextul îl indica cu precizie.

Mercurul — metalul pe care-l desemnăm astăzi cu acest nume — a jucat un mare rol în întreaga chimie a coloranţilor. Fusese cunoscut încă din antichitatea romană în stare nativă sau sub formă de minereuri sulfuroase. Aceste minereuri putînd fi uşor reduse, prepararea mercurului metalic a devenit în curînd o industrie rentabilă. Începînd cu secolul al V-lea al erei noastre, chimiştii ştiau să prepare cinabrul artificial sau chinovarul, pornind de la metal şi de la sulf. Denumirea de cinabru, ca şi cea de miniu, este folosită în manuscrisele evului mediu, pentru a desemna toţi compuşii metalici de culoare roşie — sulfuri sau oxizi; dar de cele mai multe ori este uşor să ne dăm seama că prin cinabru se înţelege sulfura de mercur.

Se ştie că primilor observatori li se părea că transformările mercurului dau cheia unor mistere ale naturii. Minereul încălzit lăsa să se distileze metalul; invers, dintr-un amestec de sulf şi mercur se sublima prin simpla încălzire cinabrul; se trecea astfel de la substanţa metalică la un compus roşu, printr-o simplă încălzire moderată, dar întreţinută mult timp; oxidul scotea din nou la iveală metalul prin calcinare. În mod firesc, aceste trans-

formări trebuie să fi dat loc unor ingenioase interpretări în ceea ce privește natura metalelor și să sugereze mijloace pentru a conferi metalelor proprietățile dorite. Aceste fenomene, care trebuie să fi impresionat viu pe chimiști, le-au fost revelate, fără îndoială, nu de către alchimiști, ci de către fabricanții de produse colorante, a căror industrie s-a dezvoltat continuu.

TEHNICA GRAFICIENILOR. În evul mediu, graficienii care executau „înluminări" pentru manuscrise au căutat produse care să dea culori frumoase, în special nuanțe de albastru și de aur inalterabile.

Piatra formată dintr-un amestec de aluminosilicat de sodiu și de sulfură de sodiu, cunoscută, în general, sub denumirea de lapislazuli, era adusă din Persia, apoi din China. Prepararea albastrului de peruzea cu ajutorul acestei pietre nu pare să fi fost cunoscută în Europa la începutul secolului al XV-lea.

Se cunoșteau, de asemenea, alte culori albastre obținute din silicați, cum era albastrul de Egipt, fabricat în Italia de vreo zece secole sau smalțurile, obținute din cobalt, despre care vorbește Cennino Cennini, în prima jumătate a secolului al XV-lea. Ele se extrăgeau în Germania sau în Siena. Se cunoșteau, de asemenea, compușii albaștri ai cuprului.

Sărurile de cupru intrau în numeroase rețete folosite pentru aurit. Cuprul din acești compuși era înlocuit de alte metale care se obțineau, la rîndul lor, din sulfuri instabile, de pildă, prin încălzirea mixturii. Prin acest procedeu sau prin altele asemănătoare se ajungea la apariția unei culori galbene-roșii, care se atribuia formării aurului. Este probabil că schimbarea de culoare era prezentată în felul acesta de meșteșugarii puțin scrupuloși clienților naivi.

Părțile aurite ale celor mai frumoase miniaturi sînt niște foițe de aur lipite de pergament, cu ajutorul unei rețete speciale pe bază de rășină sau de ouă. Rețetele acestor cleiuri abundă în manuscrisele medievale și în tratatele din secolele XIV—XV. Alături de ele găsim rețete ale poleielii aurii folosite de copiști, de pictori și de aurari pentru produse de calitate mediocră, foițele de aur fiind înlocuite prin foițe de staniu acoperite cu un strat de sulfură de arsen. De aici pînă la falsificare nu era decît un pas, care a fost făcut foarte devreme. Și probabil nu este inexact să se considere că alchimia s-a născut în mare parte din asemenea practici.

PIGMENȚI MINERALI ȘI PIGMENȚI VEGETALI. O dată cu culorile de aur și de albastru naturale și artificiale, graficienii care executau înluminări, pictorii și vopsitorii foloseau și alți pigmenți minerali. Nuanțele de roșu se obțineau din pămînturi colorate cu oxid de fier, sinopia sau purpura lui Cennini și a lui Agricola, desemnată mai tîrziu sub denumirea de roșu van Dyck. Denumirea de hematită care servea pentru a desemna coloranții ordinari este foarte veche. Ocrul galben este o argilă care conține, de asemenea, un oxid de fier; pămîntul de Siena — argilă amestecată cu bioxid de mangan. Verdele de malahit este un hidrocarbonat de cupru, iar verdele de azur, citat de asemenea de Cennini, este un minereu de cobalt amestecat cu săruri de

cupru, de fier şi de zinc. Albul Sfîntului Ioan, atît de cunoscut la sfîrşitul evului mediu, este un carbonat de calciu curăţat cu grijă şi uscat la soare. Cît despre albul de plumb — ceruza, reţeta preparării conţinută într-un manuscris din Siria este identică celei folosite pînă în zilele noastre: ea recomandă expunerea unor lame de plumb acţiunii vaporilor de oţet în oale înconjurate cu bălegar.

Lista coloranţilor proveniţi din regnul vegetal este tot atît de lungă ca şi cea a coloranţilor minerali. Alături de extractele din scoarţa unor arbori, ca nucul şi ulmul, lemnul de Brazilia, deja cunoscut de Cennini, nuca galică, răşinile de pin, de brad, de cedru şi răşina roşie, cunoscută de vreo zece secole sub denumirea de sînge de dragon, răşinile de cireş şi de migdal, şelacul, ea cuprinde extracte de plante tradiţional utilizate, şofranul şi indigoul, importate din ţările orientale, garanţa, a cărei cultură se dezvoltase în Galia francă începînd cu secolul al V-lea, sau drobuşorul, care se cultiva pe scară largă în Picardia şi în Languedoc începînd cu secolul al XII-lea.

Cele mai bune culori negre erau preparate cu carbonul amorf obţinut prin diverse procedee: negrul de fum de ulei de in pentru prepararea cernelurilor, negrul din cuptoarele sticlarilor pentru pictură, cărbunele de curmei de viţă pentru culori negre uşoare.

CORPURILE NOBILE ALE CHIMIEI: METALELE. Industria metalurgică fiind una dintre cele mai vechi industrii chimice, numeroşi termeni desemnau minereurile, oxizii şi sulfurile metalice; unele operaţii metalurgice aveau deja la sfîrşitul evului mediu o istorie îndelungată. Metalele au fost, fără îndoială, primul grup de corpuri chimice considerat ca o clasă particulară şi poate că şi alte corpuri au fost grupate prin comparaţie cu acesta. În acest fel a putut apărea primul germene al unei clasificări sistematice.

Metalele au fost întotdeauna considerate cele mai nobile corpuri ale chimiei. În antichitatea greacă erau cunoscute şapte metale cărora le-au fost atribuite numele planetelor. După cele două metale perfecte, aurul şi argintul, care şi-au păstrat prestigiul pînă la sfîrşitul secolului al XVIII-lea, urmau fierul, mercurul, staniul, cuprul şi plumbul.

Cu toate că nu fusese net identificat, zincul era cunoscut de multă vreme. Sub formă de oxid natural sau artificial, „cadmie" şi calamină, el avea numeroase întrebuinţări, în special la prepararea alamei. Pare sigur că el a fost izolat şi preparat adesea sub forma sa metalică. Considerat multă vreme ca o stare particulară a unui alt metal, el era adesea desemnat sub denumirea de argint fals. Se pare că numele său modern i-a fost dat de Paracelsus.

Antimoniul, a cărei sulfură, stibina, era deja cunoscută de Hipocrat, a fost folosită în cosmetică de către antici, chimiştii distingîndu-l net de celelalte metale începînd cu secolul al XVI-lea. Prima monografie consacrată acestui corp a fost atribuită presupusului Basilius Valentin şi datată, fără îndoială greşit, de la finele secolului al XV-lea. Autorul descrie principalii compuşi ai antimonului; el vorbeşte despre metal sub denumirea de „regul de antimoniu" ca despre un corp binecunoscut înaintea lui. Bismutul a început

și el să fie identificat în aceeași epocă; este descris de Valentin și Agricola. Aceste două corpuri au fost totuși adesea confundate cu plumbul și staniul sau chiar între ele. Abia în a doua jumătate a secolului al XVII-lea ele au fost încadrate în grupul semimetalelor împreună cu zincul și, în sfîrșit, cu arsenul care nu a fost identificat decît la începutul secolului al XVIII-lea.

CHIMIA SĂRURILOR. Înainte ca aceste cunoștințe să fie bine asimilate, alături de clasa metalelor și în opoziție cu ea, toate celelalte corpuri erau încadrate în clasa sau în grupa sărurilor. Această categorie vastă și vag definită cuprindea compușii cunoscuți pe atunci, pe care noi îi desemnăm și astăzi cu numele de săruri, ca ceruza, cocleala de cupru, sărurile alcaline și sărurile de calciu, compușii arsenului, cît și oxizii și sulfurile, și, în sfîrșit, un mare număr de compuși naturali. Printre aceștia unii purtau denumiri generice, cum ar fi alaunii, vitriolurile, boraxurile.

Termenul de borax era adesea atribuit compușilor alcalini. Sarea de bucătărie era cunoscută din cele mai vechi timpuri sub cele două forme (sarea marină și sarea gemă), ca și carbonatul și sulfatul de sodiu, confundați uneori sub denumirea de natron, și azotatul de potasiu sau salpetrul, folosit pentru prepararea focului grecesc în secolul al VII-lea. Carbonatul de potasiu era extras prin fierberea cenușii de lemn, iar carbonatul de sodiu din cenușa plantelor marine. Țipirigul era folosit în prepararea clorurii de calciu din var. Varul nestins servea pentru prepararea potasiului. Se cunosc, de asemenea, rețete datînd din secolul al X-lea pentru prepararea săpunului cu ajutorul potasei caustice.

Boraxul, ca atare, era cunoscut, și folosirea denumirii sale arată că el era asimilat cu sărurile alcaline; termenul de borax era de asemenea folosit pentru a desemna decapanții pentru metale.

DESCOPERIREA ACIZILOR. Alaunii și vitriolurile apăreau de cîteva secole ca un grup de corpuri intermediare între săruri și acizi. Aceștia din urmă au început să fie identificați clar abia în secolul al XVI-lea. Manipularea sulfaților naturali a permis chimiștilor să presupună treptat existența corpurilor acide, apoi a fost descoperit mijlocul de a le izola. Se înțelege astfel de ce alaunii și vitriolurile au fost deosebiți de sărurile ordinare, așa cum au fost cu multă vreme înainte distinse mercururile și sulfurile; se înțelege, de asemenea, de ce chimiștii au fost îndemnați să-i considere drept o grupă aparte, presupunînd, fără a avea o cercetare bazată pe analiză, că între ele există o anumită asemănare de compoziție.

Acidul azotic fusese deja preparat în evul mediu prin calcinarea salpetrului sau prin tratarea la cald a salpetrului cu un vitriol. Produsul care distila, desemnat sub denumirea de apă tare, a fost, după oțet, primul acid izolat. Această preparare lasă să se presupună forța reacției care se ascundea în vitrioluri. Adesea, în timpul calcinării acestor corpuri a fost observată o degajare de vapori acizi. Prepararea acidului sulfuric (spirtul sau uleiul de vitriol) din calaican (sulfat de fier) pare să fi fost descoperită între secolul al X-lea și al XII-lea. Dar abia autorii din secolele XV și XVI

descriu, cu precizie, modul de preparare a acidului sulfuric fie prin calcinarea sulfaţilor, fie prin arderea sulfului sub un clopot în prezenţa apei, fie prin oxidarea sulfurilor sau a sulfului cu ajutorul azotaţilor.

O dată cunoscut acidul sulfuric, nu s-a putut întîrzia cu izolarea unui alt acid, acidul clorhidric. Ambii acizi au fost descrişi de aşa-zisul Basilius Valentin. Acidul clorhidric, denumit „spirtul de sare", a fost, fără îndoială, preparat prin calcinarea sării de bucătărie.

NOŢIUNEA DE SPIRT. Termenul de spirt (spirit) ţinea cont de volatilitatea corpului preparat prin acţiunea uleiului de vitriol asupra sării de bucătărie. El a fost aplicat prin analogie cu alte corpuri volatile cunoscute de multă vreme şi pe care autorii din epoca Renaşterii, ca şi cei din evul mediu, le grupează într-o clasă aparte.

În literatura chimică, pînă la sfîrşitul secolului al XVII-lea, spirturile au fost mai mult sau mai puţin net opuse corpurilor solide, ca sărurile sau metalele. Dar în timp ce la autorii din evul mediu cuvîntul desemna unele corpuri particulare a căror identitate era relativ uşor de stabilit, începînd cu secolul al XV-lea el capătă o accepţie mai vastă. Mercurul, sulful, arsenul au fost toate considerate spirturi şi împreună cu ele ţipirigul şi acidul clorhidric. Substanţele volatile din regnul organic au căpătat şi ele denumirea de spirturi: esenţele aromatice, precum şi miraculoasa descoperire a evului mediu, alcoolul, multă vreme numit apă vie sau elixirul de viaţă lungă, înainte de a deveni, la sfîrşitul secolului al XVI-lea, spirt de vin[1]. Termenul alcool a fost folosit ceva mai tîrziu pentru a desemna pulberi foarte fine. El a fost aplicat, în mod general, produsului distilării vinului abia la începutul secolului al XIX-lea.

Grupul spirturilor cuprinde o varietate de corpuri cu atît mai numeroasă cu cît cuvintele mercur, arsen, sulf au rămas încă un anumit timp termeni generici a căror sferă a fost deja explicată. Unele tratate din evul mediu enumeră patru spirturi principale: cele pe care le-am menţionat şi în plus ţipirigul, acidul clorhidric nefiind încă cunoscut. Aceste denumiri desemnau nu numai corpurile materiale, dar şi proprietăţile pe care ele le confereau prin acţiunea lor sau care se observau la alte corpuri. Această din urmă folosire a termenului a luat o extindere din ce în ce mai mare la autorii din secolele XV şi XVI, care au elaborat un fel de teorie a materiei bazată în acelaşi timp pe spirturi, pe cele patru elemente şi pe calităţile lor respective moştenite de la filozofii greci. Această teorie nu a încetat să se perfecţioneze şi a ajuns la apogeu o dată cu celebrul sistem al flogisticului.

TENDINŢA SPRE UNITATE DOCTRINALĂ. Autorii moderni au insistat adesea asupra incoerenţei concepţiilor vechilor chimişti, fără să aibă însă dreptate. Înşelaţi de limbajul ezoteric care a înflorit în special între secolul al XV-lea şi începutul secolului al XVII-lea, ei nu au fost în stare să-şi dea

[1] cf. t. I, p. 630

seama că aceste doctrine nu erau în realitate decît o valorificare logică a rezultatelor unor observații bine stabilite.

Vechii chimiști, ca și chimiștii moderni, au încercat să construiască o teorie sau o filozofie a materiei, folosindu-se de cunoștințele dobîndite prin studiul proprietăților fizice, organoleptice și chimice ale substanțelor pe care au învățat să le mînuiască. Ei au exprimat această teorie cu ajutorul limbajului de care dispuneau.

Pe la mi locul secolului al XV-lea, aceste cunoștințe erau destul de bine ordonate pentru a constitui baza unei sistematici încă de-abia schițate, ale cărei principii au continuat să fie folosite pînă la reforma de la sfîrșitul secolului al XVIII-lea. Cît despre filozofia materiei, ea se va baza multă vreme pe existența celor patru elemente — pămînt, apă, aer și foc — asociate cu cele patru principii — cald, rece, uscat și umed. Din asociațiile a două cîte două, efectuate în toate felurile, au fost excluse îmbinările incompatibile, cum ar fi focul și frigul, apa și uscatul. Ele dădeau naștere la spirturi după natura și proporția lor, iar spirturile, asociindu-se între ele, dădeau naștere la rîndul lor celor șapte metale.

În literatura evului mediu și a secolelor care au urmat pot fi relevate numeroase variante ale acestei scheme teoretice. În sine, ele au o semnificație minoră, fiind fructul diverselor plăsmuiri în căutarea explicațiilor mai satisfăcătoare decît cele formulate pînă atunci. Nu trebuie, de asemenea, să uităm că autorii doreau să treacă drept mai savanți decît rivalii lor sau decît erau în realitate. Adevărul dogmatic nefiind supus discuției, părea că este suficient să afirmi cu mai multă forță un adevăr nou spre a-i conferi o calitate dogmatică. Între adevărurile tuturor chimiștilor nu era însă prea mare diferență.

Acest caracter al chimiei teoretice s-a menținut pînă la apogeul realizat de sistemul flogisticului. Disputele dintre chimiștii din secolele XVI—XVII asupra problemelor teoretice ne par lipsite de sens, deoarece cu greu putem urmări subtilitățile lor. În fond, marile adevăruri admise nu au evoluat timp de trei secole și nici în secolul al XV-lea ele nu constituiau ceva nou. Aceasta nu exclude faptul că vaste concepții s-au născut și s-au dezvoltat cu destine diverse în cursul acestei perioade. Nu vom putea urmări etapele lor decît notînd pas cu pas progresele cunoștințelor practice. Este remarcabil că arhetipul teoriei chimice a materiei prezintă un caracter cvasiimuabil în timpul acestei perioade, în care cunoașterea proprietăților substanțelor se lărgește considerabil. Explicația constă poate în faptul că teoria nu exercita pe atunci nici o influență asupra cercetării. Descoperirea de fapte noi era rezultatul unei curiozități profesionale sau dezinteresate, care se exercita în mod empiric. Aspirațiile științifice ale chimiei se traduceau mai ales printr-un efort de adaptare a terminologiei și a sistematicii la cunoștințele fiecărei epoci. Ele lăsau intacte teoriile fundamentale referitoare la materie, pentru că nimic nu demonstra încă insuficiența acestor teorii.

Astfel, tradiția medievală, ale cărei origini se găseau în gîndirea antichității grecești, a fost adoptată, fără discuție, de către chimiștii epocii moderne.

Această trainică fidelitate față de teoriile tradiționale ne permite să înțelegem dificultățiie de care se va lovi Lavoisier cînd va căuta să-și impună concepțiile.

B. RENAȘTEREA CERCETĂRII CHIMICE

Începînd cu sfîrșitul secolului al XV-lea, o mișcare de cercetări și de descoperiri ia locul cvasistabilității ce caracterizează chimia secolelor precedente, afirmîndu-se treptat, pe măsură ce se generalizează influența unor împrejurări favorabile.

ÎNMULȚIREA ȘI RĂSPÎNDIREA LUCRĂRILOR DE CHIMIE. Una dintre cauzele acestei renașteri a fost proliferarea literaturii chimice și alchimice în timpul celor două sau trei secole precedente. Lucrările compilatorilor devin mai numeroase începînd cam din secolul al XIII-lea. Vincent de Beauvais, Albertus Magnus, Arnaud de Villeneuve, Roger Bacon au fost autorii cei mai reputați care au popularizat ansamblul cunoștințelor acumulate pînă la ei. Dar numeroși alți autori, mai puțin cunoscuți, au lăsat transcrieri și adaptări ale vechilor manuscrise, adesea anonime, cît și culegeri de rețete personale sau notate la întîmplare. Majoritatea acestor culegeri nu cînt consacrate exclusiv chimiei. Ele cuprind însemnări asupra tuturor problemelor tehnice care îl puteau interesa pe redactor în funcție de specialitatea sa sau de raza curiozității sale. Am mai citat *Cartea despre artă* de Cennino Cennini (1437). Cele mai celebre scrieri de la sfîrșitul acestei epoci, *Carnetele* lui Leonardo da Vinci, au fost puțin cunoscute și nu conțin decît cîteva note referitoare la chimie. Alte manuscrise au fost însă copiate și răspîndite pe scară largă. Întrucît alchimiștii au devenit mai numeroși, a crescut în special numărul tratatelor de alchimie, care vehiculau ansamblul cunoștințelor chimice sau o mare parte dintre ele.

Această literatură a putut să ajungă mai ușor la acei care erau curioși s-o citească, datorită extinderii rețelelor comerciale care acopereau toată Europa occidentală și o legau de țările nordice, de Europa răsăriteană și de Orientul Mijlociu. Creșterea activității comerciale era, la rîndul ei, legată de extinderea activității tehnice și în special a industriei textile și a corolarului ei — vopsitoria, cît și a mineritului și a metalurgiei.

FACTORII TEHNICI ȘI COMERCIALI AI PROGRESELOR CHIMIEI. Importanța vopsitoriei pentru progresul practicii chimice nu va scădea pînă în epoca noastră, această tehnică rămînînd pînă la sfîrșitul secolului al XVIII-lea singura industrie chimică de o oarecare amploare, cu mult înaintea celei a explozivilor. Descoperirea unor mari zăcăminte de alaun în Italia a transformat, în secolul al XV-lea, condițiile producției și cele ale comerțului de vopsele. Importat pînă atunci din Levant prin intermediul venețienilor și al genovezilor, alaunul devine un produs mai puțin costisitor și consumul său crește în regiunile nordice. Apariția țesăturilor flamande și progresul lor rapid au atras

în această țară coloranți proveniți din Orient și din sudul Europei. Apariția unei industrii textile în Marea Britanie a contribuit la dezvoltarea acestor schimburi. Traficul prin Oceanul Atlantic a crescut, luînd parțial locul marilor căi comerciale ale evului mediu care treceau prin regiunea Champagne. Dacă materiile colorante au început să fie transportate mai ușor, căile maritime au permis, de asemenea, transportul minereurilor și al metalelor de o valoare comercială mai puțin ridicată.

Într-adevăr, această apreciere a văzut, de asemenea, într-o anumită măsură, o renaștere a industriei metalurgice și a comerțului cu produsele acesteia. Este cert că, începînd cu secolele XII și XIII, metalele produse în Alpii Răsăriteni și poate chiar cele din Suedia erau transportate pînă la porturile mediteraneene pe căile terestre ale Flandrei și ale Champagnei sau prin valea Rinului și valea Dunării. Pe mare, corăbiile hansei teutonice transportau spre apus cupru din Munții Harz, fier din Ungaria și din Suedia, în timp ce flamanzii și genovezii mergeau să caute cositor în Anglia. Frigienii și saxonii făceau comerț cu plumb englez pe piețele Europei occidentale, începînd cu secolul al X-lea. Alama și arama din valea Meusei, cazanele de aramă erau de asemenea răspîndite în Europa. Dar volumul acestui comerț a rămas deosebit de scăzut în raport cu comerțul de metale prețioase și în special de vopsele pentru țesături.

INFLUENȚA METALURGIEI. În secolul al XV-lea, exploatarea minelor din Boemia și din Tirol luase o oarecare amploare. Metalurgia dobîndea o nouă importanță în Germania de sud. Pe piață erau de asemenea prezente fierul suedez, cuprul suedez, rus și polonez, cositorul din Anglia, fără a mai vorbi despre diverse alte zăcăminte de minereuri a căror exploatare începuse pe tot continentul, avînd însă doar o importanță locală.

Noul avînt al industriei metalurgice a avut o influență considerabilă asupra progresului chimiei. Docimazia (analiza cantitativă) și-a dezvoltat metodele. Minereurile, metalele și compușii lor au fost studiați mai atent. Volumul de cunoștințe crește rapid și în acest progres metalurgii și tehnicienii din minele germane au jucat în secolele XVI și XVII un rol important.

Abundența literaturii referitoare la exploatarea minelor este o dovadă a creșterii acestei activități în secolul al XVI-lea. Celebrul tratat *De re metallica* al lui Georg Bauer zis Agricola, publicat în 1556, a fost reeditat de mai multe ori. Mulți alți autori germani au redactat în aceeași epocă lucrări tehnice în care mineritul deținea locul cel mai important. În Italia, în Spania au fost, de asemenea, publicate în secolul al XVI-lea lucrări de acest gen[2].

Un asemenea interes pentru produsele subsolului nu putea să nu stimuleze curiozitatea chimiștilor în legătură cu problema formării metalelor, împingînd-o pe primul plan. Acest lucru s-a produs într-adevăr: chimia lui Paracelsus și a continuatorilor săi se bazează, în esența ei, pe discutarea acestei probleme și pe investigațiile la care a dat loc.

[2] Vezi, în legătură cu acest subiect, articolul lui P. Delaunay și J. Roger, p. 127.

PERSONALITATEA ŞI ÎNVĂŢĂTURA LUI PARACELSUS. Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim, mai cunoscut sub pseudonimul de Paracelsus, este cel mai celebru dintre chimiştii epocii şi, chiar dacă meritele sale au fost prezentate într-o lumină exagerată de către discipolii săi, trebuie să recunoaştem că el a influenţat, mai mult decît oricare altul, gîndirea şi cercetarea chimică timp de peste un secol. Născut în 1493 şi mort în 1541, el aparţine primei jumătăţi a secolului al XVI-lea. Foarte apropiat încă de tradiţia medievală, el a făcut un efort serios pentru a se debarasa de dogmele moştenite din acea epocă. Nu a reuşit de altfel s-o facă, în pofida cîtorva gesturi spectaculoase şi a unor brutalităţi de limbaj. Mai mult mistic decît credincios, el este răspunzător, în bună parte, pentru persistenţa concepţiilor iraţionale care au continuat încă mult timp să impregneze filozofia materiei. Cu toate acestea, el a deschis marile căi ale progresului în chimie.

Orientarea gîndirii sale a fost determinată de influenţele cărora le-a fost supus în perioada de adolescenţă. Tatăl său, medic, fusese profesor la Şcoala de mine din Villach în Karinthia. El însuşi a lucrat un timp în mine, dobîndind acolo importante cunoştinţe chimice şi mineralogice. A studiat medicina peregrinînd de la o facultate la alta şi, într-o anumită măsură, a păstrat acest obicei de a vagabonda de-a lungul întregii sale vieţi. O legendă care a luat naştere în timpul vieţii sale afirmă că el a vizitat şi ţări depărtate, ceea ce este cu siguranţă fals. În cursul călătoriilor sale se pare că a căutat societatea alchimiştilor, astrologilor, adepţilor cabalei şi a membrilor asociaţiilor secrete. A învăţat de la ei numeroase reţete şi procedee secrete ale medicinii, din care a ştiut să tragă foloase. A adoptat, de asemenea, limbajul şi modul lor de a gîndi, din care pricină scrierile sale păstrează o amprentă de obscuritate.

Numit profesor de medicină la Basel în 1526, el a inaugurat în acest oraş un învăţămînt vehement şi agresiv care condamna dogmele medicinii scolastice. Cîteva cure de o eficienţă uimitoare bazate pe folosirea unor leacuri în care intrau opiul şi diverşi compuşi minerali i-au creat un renume trainic. A murit de tînăr, în împrejurări destul de obscure. Cea mai mare parte a scrierilor sale au fost publicate după moartea sa.

Paracelsus a negat doctrinele preluate de la înaintaşii săi, ceea ce l-a condus la o experimentare directă. Încă nu venise momentul propice pentru elaborarea unei metode experimentale sigure. De altfel, propriile doctrine îi ascundeau lui Paracelsus fundamentele unei asemenea metode. Cu toate acestea, îndemnîndu-şi discipolii să respingă scrierile tradiţionale şi să observe direct natura, să experimenteze cu îndrăzneală, el a contribuit la un avînt al chimiei, care de atunci nu avea să mai slăbească. Interesul istoric al învăţăturii sale constă în faptul că el a pus la baza ei studiul metalelor şi al compuşilor minerali în dublul scop de a-şi justifica teoria asupra naturii substanţelor metalice şi de a introduce în practica medicală folosirea de medicamente provenite din regnul mineral.

În ceea ce priveşte primul punct, Paracelsus a inaugurat o lungă serie de cercetări a căror continuitate ne conduce pînă la lucrările lui Lavoisier. Aceasta

a avut cele mai profunde urmări asupra evoluției chimiei în decurs de două secole. Aplicarea cunoștințelor de chimie la prepararea medicamentelor a avut consecințe nu mai puțin importante. Într-adevăr, apariția chimiei medicale, a iatrochimiei, a smuls chimia din mîinile alchimiștilor pentru a o trece în mîinile medicilor. Ea a conferit astfel chimiei de laborator o utilizare practică, pe care nu o cunoscuse pînă atunci. Ea a făcut, de asemenea, din chimia din laborator o activitate remuneratorie și a atras un personal nou pentru această disciplină. Mergînd pe urmele lui Paracelsus, medicii și mineralogii au reușit să așeze temeliile pe care în secolul al XVIII-lea a putut fi construită știința chimiei.

PERFECTIBILITATEA NATURALĂ A METALELOR. Noțiunea de perfectibilitate a metalelor persistă la Paracelsus, deoarece experiența nu a desmințit că aurul este un metal inalterabil și că argintul posedă și el o anumită noblețe. Această noțiune a suferit însă unele modificări. Pentru chimiștii evului mediu și mai ales pentru alchimiști, evoluția putea fi accelerată și chiar provocată prin manipulări artificiale ale chimiei. Singura problemă consta în a găsi secretul procedeelor eficiente. Se credea ferm că acest secret trebuie să fi existat: tradiția relata că unii l-ar fi posedat. Rămînea doar de regăsit în confuzia de cuvinte și de scrieri urma acestui secret, căutată în același timp în tainele creuzetului sau ale alambicului.

Cu Paracelsus chimiștii au respins această speranță înșelătoare. Evoluția metalelor spre o stare neperfectibilă este o treabă a naturii. Ea are loc în adîncurile misterioase ale subsolului. Influențele cosmice și forțele necunoscute care acționează asupra filoanelor metalifere sînt singurele capabile de a o determina. Oamenii nu pot avea pretenția de a înfăptui ei înșiși „marea operă", cum era numită piatra filozofală. Ei au doar posibilitatea de a degaja partea deja transformată a metalului, pe care o ascund aparențele grosolane ale celorlalte părți. Dar și pentru aceasta se cere o mare îndemînare. Există procedee de separare care folosesc, în general, mijloace violente. Aceste procedee trebuie folosite cu circumspecție, și alegerea eșantionului pe care chimiștii își propun să-l trateze este poate operația cea mai delicată. Dacă condițiile cosmice nu sînt favorabile, proporția metalului evoluat poate fi infimă în eșantionul reținut și poate să treacă neobservată pentru ochiul căutătorului.

Cu trecerea timpului, nu va mai exista nici o diferență între diversele metale care, la capătul evoluției lor, se vor preface toate în aur. Pentru nevoile sale cotidiene, omul folosește metalele așa cum sînt ele în momentul în care el le extrage din mine. Comentîndu-l pe Paracelsus, Glauber avea să scrie mai tîrziu:

„Planul naturii nu a fost ca fierul să rămînă fier, ci ca el să ajungă la perfecțiunea aurului. Nerăbdarea minerului nu-i lasă timp să ajungă la această stare... El nu așteaptă ca fierul să dobîndească demnitatea de aur, folosindu-l pentru nevoile sale prezente."

Considerînd că aurul este un metal perfect, iar argintul se apropie de această calitate, Paracelsus și succesorii săi par să nu fi adoptat o clasificare rigu-

roasă pentru celelalte cinci metale. Staniul și antimoniul se bucurau de un prestigiu destul de ferm. După ele veneau plumbul și cuprul, apoi fierul — considerat a fi metalul cel mai grosolan. Aparența metalică este considerată unul dintre caracterele cele mai apreciate după inalterabilitate. Cît despre mercur, se bucura și el de un prestigiu aparte.

Nu trebuie să uităm că această clasificare nu se referea la produsele extrase prin procedeele metalurgiei, ci la metalul ideal, imperceptibil pentru simțurile comune. În realitate, un eșantion de metal comun este un amestec în care metalul cel mai grosolan ascunde metalele mai perfecte decît el. Toate reacțiile la care chimistul supune acest eșantion — oxidarea, dizolvarea, acțiunea agenților corosivi, tratarea cu substanțe alcaline, sulfurarea, reducerea sărurilor și a oxizilor, formarea aliajelor — nu au alt scop decît de a pune în evidență aceste metale perfecte printre metalele grosolane. Prin aceste mijloace, chimistul caută să concentreze metalele cele mai perfecte, în special aurul, și să-l degajeze din ganga metalică în care este ascuns.

Literatura secolelor XVI și XVII este plină de asemenea rețete. Descrierea procedeelor este însă în mod voit obscură, autorii fiind dominați de teama nemărturisită de a fi demascați ca ignoranți. De aceea, toate descrierile ne lasă la jumătatea drumului. După un început perfect inteligibil, autorul se refugiază în subînțelesuri, lăsînd să se presupună că cei mai inteligenți nu au nevoie de lămuriri suplimentare. Cît despre ceilalți, sînt suspectați de a fi în cea mai mare parte niște invidioși și niște răutăcioși gata să trădeze secretele breslei și să-și bată joc de cele mai respectabile adevăruri. Învățați să fie prudenți de o lungă experiență personală, chimiștii nu mai afișează, de altfel, pretenția de a realiza separarea aurului pur, ascuns, de exemplu, în fier. Cel mai bun rezultat care poate fi obținut pare să fie concentrarea aurului prezent în eșantion în „produsele de cap ale unei separări fracționate", pentru a folosi un limbaj modern.

Această teorie a metalelor i-a îndemnat pe urmașii lui Paracelsus să efectueze cercetări pentru a pune în evidență această substanță finală, perfectă, prezentă peste tot și ascunsă peste tot. Numeroasele operații efectuate asupra metalelor și compușilor lor i-au familiarizat astfel pe chimiști cu fenomene care au rămas multă vreme greșit explicate, dar care aveau să ofere mai tîrziu cheia sistemului chimic modern. Este vorba în special de oxidarea metalelor prin calcinare în aer liber și de descompunerea oxizilor.

NOȚIUNEA DE PRINCIPIU, TEORIE ȘTIINȚIFICĂ. O altă consecință a acestui curent de investigație a fost fundamentarea noțiunii de principiu. Ideea pe care și-au făcut-o chimiștii de la sfîrșitul secolului al XVI-lea și din secolul al XVII-lea asupra chintesenței lui Paracelsus a variat considerabil de la un autor la altul. Însăși noțiunea de chintesență nu a mai fost rezervată chimiei metalelor. Agentul ultim a devenit un agent universal, pe care unii au crezut că-l întrezăresc și pe care chimiștii secolului al XVIII-lea l-au salutat în flogistic.

Paracelsus însuși a contribuit la strădania de a da o aparență de teorie științifică noțiunii de principiu. Respingînd nominal cele patru elemente

de bază, pentru că ele făceau parte din învățătura scolastică, el nu a mers pînă la abandonarea noțiunii însăși. El a refuzat să le considere elemente incoruptibile, dar a păstrat la baza doctrinei sale patru principii îndepărtate — vechile calități elementare: rece, uscat, cald și umed — care par însă acum să fie un compromis între aceste calități și cele patru elemente: apa, pămîntul, aerul și focul. Acest compromis inconsecvent apare distinct în raționamentele complicate ale comentatorilor lui Paracelsus care nu par să înțeleagă mai bine decît un autor modern subtila distincție.

Alături de calitățile elementare, Paracelsus acordă un loc particular unui număr de cinci principii apropiate: mercur, sulf, sare, flegmă și *caput morțuum* sau reziduul distilării. Primele trei sînt principii fundamentale sau active, ultimele două sînt pasive și nu sînt incoruptibile. Într-adevăr, experiența arată că flegma și capul mort pot fi transformate sub acțiunea diverșilor agenți comuni.

Primele trei principii nu se pot defini ușor. Din lungile expuneri ale lui Paracelsus și ale comentatorilor săi se poate reține următoarea idee: principiile s-au format prin unirea calităților elementare în proporții variate. Mercurul corespunde combinației în care domină umiditatea, sulful celei în care domină căldura, iar sarea celei în care domină uscăciunea. Se pare că frigul nu poate să domine într-o combinație a calităților, deoarece Paracelsus nu semnalează un asemenea principiu. Se dă, de asemenea, de înțeles că variind la infinit proporțiile calităților în fiecare principiu, poate exista un număr mare de varietăți de sulf, de mercur și de săruri. Împreună cu celelalte două, care sînt în general neglijate în comentarii, dar figurează în enumerarea inițială, cele trei principii prime constituie toate corpurile în care ele însele figurează în proporții variabile.

CHINTESENȚA. Teoria materiei este completată de noțiunea de chintesență sau al cincilea element, care rezultă din cele patru calități elementare îmbinate.

„Chintesența, spune Paracelsus, este o substanță care poate rezulta din toate lucrurile pe care le produce natura și care au în sine viața. Această substanță, foarte subtilă, trebuie să fie purificată în cel mai înalt grad și curățată, prin separare, de elementele impure și grosolane care au ținut-o închisă, astfel încît în urma separării ea să rămînă cu propria natură incoruptibilă."

Este oare chintesența un principiu universal? Paracelsus spune că ea reprezintă același lucru ca și mercurul și vorbește apoi de chintesența fiecărui metal în afara celor mai ordinare.

„Esența aurului, de pildă, ține de natura umedă a apei; esența plumbului (metalul lui Saturn) ține de pămîntul rece și uscat; esența argintului viu ține de calitățile aerului, el însuși nefiind decît o modalitate a aerului îndesat în măruntaiele Pămîntului și avînd o subtilitate extremă."

INFLUENȚA LUI PARACELSUS. În cele cîteva rînduri de mai sus, Paracelsus revine, fără să vrea, la noțiunea celor patru elemente ale filozofilor greci. Succesorii săi vor pune din nou aceste elemente la baza oricărei interpretări a materiei. Avem astfel în fața noastră ansamblul teoretic pe care se va baza chimia timp de două secole și jumătate. Aportul original al lui Paracelsus nu este mare. Noțiunile pe care le-a sistematizat se întîlnesc în scrierile anterioare epocii sale. El a făcut doar din ele corpul unei doctrine care pare coerentă contemporanilor săi. Succesul ideilor sale nu se datorează clarității învățăturii, ci mai ales personalității autorului.

Eficiența medicamentelor sale, relațiile sale cu adepții științelor oculte, înclinația sa pentru băutură și extravaganțele sale au făcut din el un personaj foarte discutat. Atacurile a căror țintă a fost în timpul vieții sale și mult timp după moarte au contribuit la reputația sa într-o măsură tot atît de mare ca și laudele prozeliților săi. Aceștia din urmă l-au apărat cu o ardoare care era cu atît mai mare cu cît critica era mai violentă. Treptat, chimiștii cu încetat să pledeze cu pasiune cauza lui și au abandonat învățătura misticomedicală a lui Paracelsus în mîinile alchimiștilor întîrziați, ale astrologilor și ale altor personaje dubioase. Dar doctrinele doctorului iluminat au rămas menținute din obișnuință în cărțile de chimie, care au rămas toate credincioase tradiției pînă la publicarea tratatului lui Lavoisier.

Astăzi este greu de conceput cum a putut un autor să-și păstreze pe atunci autoritatea timp de peste două secole. La sfîrșitul secolului al XVI-lea, întreaga știință era tradiționalistă; după o sută de ani însă, această fidelitate față de antici a fost ruptă în majoritatea disciplinelor. Chimia va rămîne ultima știință tradiționalistă. Învățătura primilor chimiști moderni nu a luat locul învățăturii anticilor, ci i s-a suprapus.

BASILIUS VALENTIN. Numele lui Paracelsus planează asupra întregii literaturi chimice din secolele XVI și XVII, dar el nu este singurul autor invocat de autorii tratatelor de chimie, în sprijinul afirmațiilor lor.

Printre contemporanii lui Paracelsus, deosebit de mult citiți și citați de către succesorii lor, figurează personajul ipotetic Basilius Valentin, căruia îi datorăm prima monografie despre antimoniu. S-a crezut mult timp că Valentin a fost un călugăr benedictin, despre a cărui viață nu se știe nimic. Existența sa este plasată uneori în secolul al XV-lea, alteori în secolul al XVI-lea. Astăzi se consideră lămurit faptul că el nu a existat niciodată și că scrierile publicate sub acest nume pe la anul 1600 se datorau unui adept necunoscut al lui Paracelsus, ceea ce nu face decît să deplaseze problema personalității acestui autor. El mai era un reprezentant pur al alchimiei mistice și ca atare a publicat în latină, în germană și în franceză *Cele douăsprezece chei ale filozofiei*. Cunoștințele pozitive acumulate de el sînt cuprinse în lucrarea sa *Carul triumfal al antimoniului*.

ÎNVĂȚĂMINTELE PRACTICII: BERNARD PALISSY. Lui Valentin îi poate fi opusă figura lui Bernard Palissy (1510? — 1589), care aparține în întregime secolului al XVI-lea. Palissy nu a adus noi cunoștințe de mare importanță.

Olar și ceramist, el a posedat o metodă de observație care a fost mai tîrziu dată drept exemplu. Într-o epocă în care chimiștii nu știau să lucreze și să scrie decît respectînd dogmele strînse și adăpostindu-se în spatele autorității autorilor consacrați, Palissy apare ca un spirit liber. Curiozitatea sa nu se îndreaptă spre obiective atît de complexe ca structura profundă a materiei. Dacă el vorbește despre ea, o face numai pentru a-și mărturisi agnosticismul și pentru a nega că „marea operă" (piatra filozofală) a putut fi vreodată înfăptuită sau că va putea fi înfăptuită. Dar atunci cînd caută explicarea fenomenelor direct observabile și cînd le descrie, așa cum face cercetînd alimentarea fîntînilor, proprietățile sărurilor, ale pietrelor, ale argilelor și ale marnelor, el dă dovadă de un bun-simț și de o perspicacitate dezvăluite într-o manieră deschisă, cum rar se întîlnește în această epocă. Nu a publicat decît două lucrări: principala, *Cuvîntări uimitoare despre natura apelor și fîntînilor, atît naturale cît și artificiale, despre metale, despre săruri, despre pietre, despre pămînturi, despre foc și despre smalțuri* (1580), este rezultatul prelegerilor pe care le-a ținut la sfîrșitul vieții sale în fața unui public ales pentru a demonstra valoarea cunoștințelor sale. Palissy vorbea numai despre subiecte pe care le cunoștea dintr-o îndelungată practică.

Acest om a cărui personalitate ne face să ne gîndim la cea a lui Leonardo da Vinci, fiind însă probabil mai puțin rafinată, nu a exercitat nici el vreo influență asupra epocii sale. El ne apare totuși ca un reprezentant al unei categorii de lucrători, de practicieni care nu aveau obișnuința exprimării, dar care trebuie să fi desfășurat o vastă activitate, deoarece cunoștințele pozitive ale chimiștilor nu au încetat să crească sistematic.

CAPITOLUL III
Studiul corpului omenesc

A. ANATOMIA

REVOLUȚIA DIN ANATOMIE. În același an în care a apărut cartea lui Copernic despre sistemul heliocentric s-a tipărit și lucrarea lui Andreas Vesalius *De humani corporis fabrica libri septem* (Basel, 1543), care a revoluționat cunoștințele despre structura corpului omenesc. Astfel se formează, în același timp, o nouă concepție asupra lumii mari și asupra celei mici.

Numeroși istorici, între alții M. Roth și H.E. Sigerist, susțin că medicina occidentală se întemeiază, în esență, pe anatomie și că gîndirea anatomică, în accepția modernă a acestei expresii, începe, într-un mod destul de brusc, cu opera lui Vesalius. În consecință, mijlocul secolului al XVI-lea ar reprezenta un punct de cotitură decisiv în istoria științelor medicale, o adevărată aurora a unei ere noi. Într-o primă aproximație, o asemenea aserțiune poate fi ușor justificată; ea conține, fără doar și poate, un miez de adevăr. Cu toate acestea, nu trebuie s-o acceptăm fără anumite rezerve. Gîndirea anatomică constă în efortul de a reduce toate fenomenele fiziologice și patologice la o morfologie internă a organismului, la relații structurale cunoscute și studiate prin disecție. Desigur, rolului istoric al acestei noțiunii mportante și atît de tipice pentru renașterea medicinii europene merită să i se acorde un loc de cinste în orice studiu critic asupra nașterii științelor moderne. Dar să ne ferim de a vedea în anatomie — fie ea statică sau animată, normală sau patologică — unica bază a medicinii științifice. Alți factori intră în joc și aceasta ne explică, poate, de ce adevărata renaștere a medicinii, după cum ni se pare, nu se situează în secolul al XVI-lea, ci într-o perioadă mai tîrzie.

O altă precauție: dacă Vesalius a dat prima lovitură decisivă și ireparabilă sistemului lui Galen, nu este mai puțin adevărat că aceasta nu a fost chiar prima lovitură, prima breșă în edificiul arabo-galenic. Tendința istoricilor de a cristaliza evenimentele în jurul cîtorva personalități excepționale împinge de prea multe ori în umbra lui Vesalius realizările predecesorilor săi și riscă să ne facă să uităm că revoluția lui Vesalius nu este numai începutul unei perioade noi, ci, într-o măsură și mai mare, apare ca încheierea unui curent general al gîndirii științifice. O primă renaștere a anatomiei s-a produs încă din secolul al XIV-lea și dezacordul între observația prin disecție și scrierile galenice a fost remarcat de mai mulți anatomiști din prima jumătate a secolului al XVI-lea.

Trebuie să admitem însă că Vesalius are o poziție istorică privilegiată. Căci așa cum a arătat mai demult, pe bună dreptate, Kurt Sprengel:

„De fapt anatomiștii care au trăit înaintea lui Vasalius au făcut numeroase descoperiri interesante și în unele privințe au descris natura așa cum este ea, și nu cum o reprezentase Galen; dar cu toții au considerat că ar fi fost o îndrăzneală reprobabilă să respingi pe acest mare maestru la înălțimea căruia ei nici nu sperau să se ridice. Această atitudine era departe de a fi favorabilă progreselor anatomiei și într-adevăr știința a lîncezit pînă în epoca în care nemuritorul Vesalius a rupt lanțul prejudecăților și a recomandat observarea atentă a naturii ca fiind studiul cel mai important și cel mai indispensabil".

DISECȚIA DIDACTICĂ ȘI PROBLEMA TRADIȚIEI GALENICE. Încă în secolul al XIV-lea disecția umană a fost introdusă în Italia în învățămîntul universitar. Mondino dei Luzzi, profesor la Bologna, oferă exemplul cel mai impresionant al acestei activități anatomice (1316). Să nu pierdem însă din vedere că Mondino a introdus doar disecția didactică; el nu a pretins să descopere structurile pînă atunci necunoscute, ci dorea doar să confirme, să vizualizeze învățătura lui Galen. De altfel, el nu a cunoscut textele autentice ale maestrului din Pergam. Mondino a profesat un galenism de sursă arabă, alterat și fără îndoială inferior sumei cunoștințelor anatomice ale antichității grecești. Deși a disecat el, cu mîna lui, organele genitale a două femei, Mondino descrie uterul ca avînd șapte compartimente, eroare care nu provenea de la Galen (deși și acesta distingea, tot în mod greșit, două cavități uterine), ci de la comentatorii medievali ai acestuia.

Or, la numai cîțiva ani după elaborarea *Anatomiei* lui Mondino, un învățat de la curtea regelui din Napoli, Nicolas de Deoprepio, originar din orașul Reggio Calabria, a tradus direct din greacă în latină tratatul *De usu partium corporis humani*, manual fundamental de anatomie și fiziologie galenică. Originalul de care s-a servit Mondino nu era decît un text pseudogalenic, *De juvamentis*, un extras foarte neîndemînatic din *De usu partium*. Nicolo a trimis un exemplar al traducerii sale lui Guy de Chaulian, care l-a folosit din plin pentru a elabora partea anatomică a lucrării sale *Chirurgia magna*. Guy a recunoscut valoarea surselor antice epurate, dar nu era încă destul de pregătit pentru a sesiza mesajul esențial al anatomiei clasice. Totuși, datorită influenței lucrării sale asupra anatomiștilor din Montpellier și, mai general, asupra chirurgilor din secolele XV și XVI, o bună tradiție a anatomiei galenice, cu siguranță superioară celei transmise de Mondino, s-a stabilit în scrierile chirurgicale, în special în Franța și Germania.

Procesul de înnoire a anatomiei s-a produs în două etape, care de fapt se încalecă din punct de vedere cronologic. Sub egida umanismului, autorii se întorc la sursele literare ale antichității, căutînd să le redea cît mai fidel, apoi, într-un al doilea stadiu, determinat de spiritul general al renașterii artelor și științelor, se constată că: „întoarcerea la izvoarele antice nu a însemnat decît o schimbare a servituții" (Delaunay), sfărîmîndu-se cadrele clasice și căutîndu-se accesul direct la natură, ca izvor suprem al cunoașterii. Așadar, la început s-a trecut la critica transmiterii cunoștințelor, apoi la critica cunoștințelor înseși.

În 1490 apare la Veneția o primă ediție imprimată a unei traduceri latine, în linii mari corecte, a operei anatomice a lui Galen, urmată în 1525 de editarea originalului grec.

Treptat, în cursul secolului al XVI-lea, se purifică terminologia anatomică, expresiile de origine arabă (cum ar fi *siphac*, *zirbus*, *mirach*) sînt înlocuite cu altele de proveniență greacă sau latină. Probleme în aparență pur filologice constituie un subiect principal al discuțiilor anatomice în primele două treimi ale secolului al XVI-lea. Dar vehemența cu totul deosebită care le-a marcat dovedește că nu era vorba de simple probleme de vocabular: conflictul se dădea de fapt între observațiile anatomice clasice și cele medievale.

Cel dintîi dintre anatomiștii umaniști, Alessandro Benedetti, a excelat prin cunoașterea limbii elene și prin desconsiderarea lucrărilor anatomice arabo-latine. O dată cu el cîștigă faimă școala anatomică din Padova, unde el a înființat primul amfiteatru anatomic permanent. Thomas Linacre, care a studiat la Padova înainte de a deveni medicul lui Henric al VIII-lea și întemeietor al cunoscutului College of Physicians, a transplantat în Anglia această anatomie de orientare filologică. Sylvius și Gonthier d'Andernach au creat la Paris un centru prestigios de aceeași orientare.

UN PRELUDIU: LEONARDO DA VINCI. Nu poate fi trecută sub tăcere opera anatomică a lui Leonardo da Vinci, cu toate că acest geniu cu resurse multiple nu îngăduie nici un fel de încadrare, iar cercetările sale anatomice, oricît de impresionante ar fi fost, se situează la marginea dezvoltării istorice a acestei ramuri a științei. El s-a ocupat sîrguincios cu disecția în decursul a cel puțin trei perioade din viața sa (la Milano, pe la 1490, la Florența în 1503—1506 și din nou la Milano în 1510—1511; în această din urmă perioadă, în colaborare cu medicul Marc Antonio della Torre)[1]. După propriile sale cunoștințe reiese că Leonardo a disecat vreo treizeci de cadavre, printre care se afla și un făt, și un bătrîn de o sută de ani. Și-a propus să elaboreze un tratat de anatomie sau mai curînd o lucrare enciclopedică despre om. A rămas la faza pregătitoare: s-au păstrat mii de crochiuri și sute de însemnări. Dar ce bogăție, cîte descoperiri găsim în ele! În lumea lui Leonardo se îmbină frumusețea și adevărul, ca și teoria cu practica. Cunoștințele sale în domeniul științei oficiale erau destul de modeste, dar, în cazul anatomiei, poate că aceasta era un avantaj.

Pentru Leonardo, desenele anatomice erau un mijloc de investigare a funcțiilor vitale. Superioritatea tehnicii sale nu încetează să ne uimească: găsim aici secțiuni în serii, secțiuni în mai multe direcții, mulaje în ceară ale unor cavități, înlocuirea mușchilor prin fire pentru a pune mai bine în evidență mecanica scheletului etc. A aplicat cu succes la cercetarea anatomică proce-

[1] Marc Antonio della Torre (1473— după 1506), fiu al unui profesor medic de la Padova, Hieronimo della Torre, a fost și el profesor de medicină la aceeași universitate de la data de 19 septembrie 1506. Mai înainte însă fusese ales de Senatul venețian să meargă la Suceava, ca medic al lui Ștefan cel Mare. Della Torre a refuzat și atunci a fost trimis cunoscutul doctor Matteo Muriano. Împreună cu Leonardo da Vinci, Marc Antonio della Torre executa preparate și desene anatomice. — *N.V.*

deele arhitecților italieni. Lista descoperirilor sale este impunătoare; nu vom încerca să le enumerăm aici deoarece ele rămîn necunoscute anatomișilor din secolele XVI și XVII.

TENDINȚA NATURALISTĂ ÎN ITALIA. În cursul secolului al XV-lea și în primele decenii ale secolului al XVI-lea, disecția didactică și autopsia judiciară au fost practicate în numeroase orașe din Italia. Întîietatea revine, fără îndoială, Bolognei, Padovei și Veneției, dar centre mai modeste de cercetări anatomice înfloresc în Florența, Pisa, Ferrara, Peruggia, Genova etc. Aici veneau studenți în medicină din toate părțile Europei. Deși studiul practic al anatomiei umane nu a fost formal autorizat decît de papa Clement al VII-lea (1523—1534), autoritățile laice și bisericești din Italia îl toleraseră și uneori îl încurajaseră de aproape un secol.

Lucrarea lui Mondino, care a circulat în vreo șase ediții incunabule și a fost retipărită de vreo douăzeci de ori în cursul secolului al XVI-lea, a rămas multă vreme, prin excelență, un manual școlar. Chiar pentru a publica unele descoperiri anatomice și idei originale, anatomiștii din prima jumătate a secolului al XVI-lea preferau adesea să le dea forma unor comentarii la Mondino. Orientarea medicinii în senul unei fiziologii și a unei patologii humorale care nu a permis să se tragă profit din cunoașterea structurilor organice, tehnica înapoiată a disecției și, mai ales, imensul respect pentru știința tradițională — toate acestea se opuneau unui progres rapid al anatomiei. Totuși incompatibilitățile dintre textul lui Mondino, „adevărata" doctrină a lui Galen și observațiile personale le anatomiștilor deveneau din ce în ce mai flagrante.

În tratatul *Liber anathomiae corporis humani* (Veneția, 1502) de Gabriele Zerbis, conflictul dintre tradiție și noile exigențe ale cercetării științifice apar în filigran. Pe de o parte, Zerbis afirmă că „cel ce dorește să cunoască operele naturii nu trebuie să se încreadă în textele de anatomie, ci trebuie să observe natura așa cum apare sub ochii săi", dar pe de altă parte, el acceptă încă drept un adevăr indiscutabil practic toate afirmațiile lui Galen. În lucrările lui Jacopo Berengario da Carpi (*Commentaria super anatomia Mundini*, 1521 și *Isagogae breves*, 1522), ale lui Alessandro Achillini (*Annotationes anatomicae in Mundinum*, 1522) și Nicolo Massa (*Anatomiae liber introductorius*, 1536) se declanșează un proces de emancipare intelectuală, de respingere a canoanelor galenice, proces poate de-abia perceptibil, dar totuși prea puternic pentru ca o întoarcere să fie posibilă.

Lui Achillini, profesor la Bologna și la Padova, i se datorează descrierea ciocănașului și a nicovalei în urechea medie, descoperirea canalului denumit astăzi al lui Wharton, observarea faptului că, de fapt, canalul biliar dă în duoden, precum și cîteva noi observații în cunoașterea creierului.

Berengario, profesor de chirurgie din Bologna, a descris pentru prima dată apendicele vermicular, timusul, sinusul sfenoid, timpanul, cartilajele aritenoide etc. El știa că uterul are o singură cavitate, neîmpărțită nici în șapte, nici în două compartimente. Un anatomist, spunea el, trebuie să prefere disecția în locul lecturii cărților. Om prudent, Berengario îl contrazice rar pe Galen în mod direct, iar dacă o face, urmează imediat o retractare,

cel puţin aparentă. De pildă, în ceea ce priveşte „rete mirabile" (împletitură de vase sanguine situată la baza creierului unor animale, dar inexistentă la om), Berengario declară simplu: „Eu unul n-am văzut această reţea!". Dar după ce a înlăturat-o astfel printr-o singură frază şi a arătat că nu crede în existenţa ei, Berengario descrie formaţia imaginară aşa cum figurează ea în lucrările tradiţionale de anatomie. În 1561, Pallopio va spune că Berengario „este, fără doar şi poate, primul inovator în domeniul artei anatomice, perfecţionate după Vesalius". Această apreciere poate să pară excesivă, dar ea constituie un omagiu justificat la adresa lui Berengario, deoarece acesta, rămânînd protagonist al anatomiei galenice, s-a dovedit capabil să facă importante descoperiri pe baza experienţei personale.

În cercetarea a ceea ce veneţianul Massa a numit *sensata veritas*, adevărul cunoscut de simţuri în opoziţie cu adevărul cărţilor, un nou pas a fost făcut de Gian-Battista Canano. Acest anatomist din Ferrara a întocmit un frunos atlas miologic, *Musculorum humani corporis picturata dissectio* (1541), în care o treime a textului nu mai admite şi chiar depăşeşte învăţătura lui Galen şi a autorilor medievali. Canano a descoperit valvulele venelor (1546), fără a reuşi însă să le interpreteze corect rostul.

ŞCOALA ANATOMICĂ DE LA PARIS. În Franţa, trezirea interesului pentru studiile anatomice are loc la început la Montpellier. În prima jumătate a secolului al XVI-lea însă, Parisul devine centrul indiscutabil al acestor studii, datorită activităţii didactice a lui Jacques Dubois zis Sylvius şi a lui Jean Gonthier d'Andernach. Amîndoi erau experţi în filologia clasică şi adepţi aprigi ai galenismului. Numărul şi nivelul discipolilor sînt impresionante (vom menţiona pe Vesalius, Estienne, Vassê, Serveto). După publicarea lucrării lui Vesalius şi după un violent atac al lui Sylvius, discipolul şi profesorul devin duşmani înverşunaţi. Vesalius ridiculizase maniera în care Sylvius predă anatomia; unele dintre aceste acuzaţii sînt totuşi contestate prin mărturia demnă de crezare a lui Noël du Fail.

Cu toate că orientarea cursului lui Sylvius este ferm galenică, acest curs nu era atît de livresc cum se afirmă de obicei. El a înlocuit simpla demonstrare pasivă a viscerelor cu disecţia activă a tuturor organelor şi a tuturor membrelor. Sylvius a contribuit într-o măsură hotărîtoare la crearea unei nomenclaturi anatomice clare şi precise. Tot el este autorul studiului ventriculilor cerebrali cu ajutorul secţiunilor sagitale şi transversale, popularizate de elevul său Dryander şi utilizat de Vesalius. El a perfecţionat tehnica injecţiei anatomice; în orice caz este primul care o menţionează într-o lucrare tipărită.

Este adevărat că prin opoziţia sa faţă de reforma lui Vesalius, Sylvius a jucat un rol negativ în dezvoltarea anatomiei. Orbirea lui dogmatică era atît de mare, încît, fiind pus faţă în faţă cu o constatare necroscopică, care nu corespundea descrierii făcute de Galen, el a preferat mai curînd să vadă în ea o degenerescenţă a speciei umane decît să admită eroarea savantului grec.

În 1535, medicul spaniol Andreas Laguna a publicat la Paris un manual de anatomie care conţine prima descriere exactă a valvulei ileo-cecale. Prin

1539, Charles Estienne, membru al celebrei dinastii a editorilor parizieni, a întocmit în colaborare cu chirurgul Estienne de La Rivière un tratat de anatomie ilustrat. Din păcate, un proces între cei doi autori a făcut să întîrzie publicarea lucrării pînă la 1545. În felul acesta, cartea lui Vesalius a fost tipărită înaintea cărții lui Estienne. Bineînțeles, tratatul medicului și editorului parizian fusese scris în limba latină. Dar în 1546, Estienne însuși o traduce în limba franceză, cu titlul *La dissection des parties du corps humain*. Părerile asupra valorii acestei lucrări sînt împărțite. Este însă sigur că Estienne a condamnat acceptarea dogmatică a anatomiei galenice și că el a făcut mai multe descoperiri importante, deși puțin apreciate de contemporanii săi. De pildă, Estienne a cunoscut găurile nutritive ale oaselor, a deosebit net nervul simpatic de nervul pneumogastric, a dat cel dintîi o descriere satisfăcătoare a meniscului cartilaginos al articulației temporo-maxilare și a ligamentului orbicular al radiusului, a semnalat îngroșările măduvei spinării și, pentru prima dată, a consemnat existența canalului ependimar al măduvei spinării, observînd și lichidul cefalorahidian. Ca și Canano, Estienne observă valvulele venelor fără a înțelege semnificația lor.

ICONOGRAFIA ANATOMICĂ. Omul Renașterii a devenit conștient de demnitatea inegalabilă a condiției umane. El se credea stăpîn al naturii, dar nu numai din pricina poziției sale în ordinea divină, ci mai ales datorită forțelor sale proprii, voinței sale de dominație. Antropocentrismul filozofic și estetic devenise o atitudine din ce în ce mai ancorată și mai afișată, faimosul dicton delfic: „Cunoaște-te pe tine însuți" capătă o actualitate arzătoare, mergînd pînă la semnificația lui literală: cunoașterea fizică a corpului uman; acest corp, care, după cum spune anatomistul Massa, este mărturia supremă a perfecțiunii naturii. Privirea pictorilor este fascinată de nud. Ei ar dori chiar să pătrundă sub piele. Leonardo da Vinci n-a fost singurul artist care s-a interesat de anatomie, deși nimeni nu a făcut-o cu o competență comparabilă cu a sa. Verrocchio, Michelangelo, Dürer, Mantegna, Rosso și atîtea alte nume ilustre ar putea fi menționate aici! Deși activitatea lor s-a desfășurat fără contact cu cercetarea științifică, ea a avut o profundă influență asupra acesteia.

La sfîrșitul secolului al XV-lea și la începutul secolului al XVI-lea, figurile imprimate iau locul iconografiei antice și medievale, fără a aduce, de altfel, schimbări esențiale. Primele cărți ilustrate cu figuri umane avînd o semnificație anatomică, cum ar fi *Fasciculus medicinae* de Johannes de Ketham (Veneția, 1491) și lucrările lui J. Peyligk (1499), J. Despars (1500), M. Hundt (1501) și G. Reisch (1503) conțin gravuri în lemn de o execuție grosolană și cu un aspect naiv. În aceste desene, artistul folosește un limbaj iconografic care nu mai era al nostru. Reproducînd modele consacrate prin tradiție și legate de vechi diagrame anatomice, aceste xilografii nu năzuiesc să realizeze o imagine fidelă a concretului; sînt niște scheme, niște ideograme ale organelor, în care fiecare detaliu are o valoare simbolică.

În 1518, medicul german Lorenz Fries (Phryesen) și-a ilustrat cartea *Spiegel der Artzny* cu figuri anatomice, care prin conținutul lor științific

sînt tot atît de puțin exacte ca acelea ale lui Magnus Hundt (1501) și totuși ne par mai adecvate. Această senzație este și mai netă în fața planșelor lui Jacopo Berengario (1522), unde sare în ochi înlocuirea, încă incompletă, a simbolismului gravurilor medievale cu tehnica modernă a ilustrației anatomice. Iconografia lui Charles Estienne este și mai bogată, fără a fi însă mai bună. Ea este caracterizată prin conflictul dintre două stiluri, deoarece desenele grosolane cu caracter tehnic sînt încadrate în imagini realizate de un artist rafinat, care se complăcea în a studia, dintr-un punct de vedere plastic, diverse atitudini ale corpului omenesc.

„Stilul nou" și-a atins perfecțiunea în atlasul lui Canano (1541), unde stilografiile fac loc gravurilor în cupru, și în lucrarea monumentală a lui Vesalius (1543). Figurile lor în mișcare, care arată mușchii și oasele în acțiune, impresionează prin frumusețea lor excepțională. Dar valoarea artistică riscă să lase în umbră unele inexactități. Numai comparînd textul cu imaginile ne dăm seama că revoluția iconografică, trecerea de la simbolism la realism nu a fost în deplină măsură însoțită de progresul noțiunilor anatomice. Analiza descriptivă a savanților mai mult urma decît preceda experiența intuitivă a artiștilor.

VESALIUS. Viața lui Andreas Vesalius (numele latinizat, potrivit tradiției umaniste, al lui Andrias van Wesel) ilustrează caracterul internațional al activităților medicale din secolul al XVI-lea. German de origine, Vesalius, născut în 1514 la Bruxelles, unde tatăl său era spițer al împăratului, primește o excelentă educație clasică în orașul său natal și la Louvain, apoi studiază medicina la Paris, Louvain și Padova. În 1537—1543, predă anatomia cu mare strălucire în acest din urmă oraș și lucrează la marea sa operă. Renunță apoi la cercetare și la cariera profesorală pentru o situație mai bănoasă, acea de medic particular al lui Carol Quintul și pe urmă al lui Filip al II-lea. Vesalius îl însoțește pe împărat în campaniile sale, dobîndind cunoștințe excelente în domeniul chirurgiei. Stă la Bruxelles, apoi în Spania și moare în 1564 pe insula greacă Zante, în timp ce se întoarce dintr-un pelerinaj în „locurile sfinte".

Dacă, pe de o parte, se poate vorbi despre un „miracol veselian", din pricina apariției subite a unei tehnici superioare a disecției și a unei reprezentări aproape perfecte a formelor anatomice, trebuie să recunoaștem totodată că această operă este legată de practicile școlii de la Padova și beneficiază de orientarea naturalistă a picturii italiene.

Înainte de a veni la Padova, Vesalius avea dificultăți în procurarea cadavrelor. Din păcate, nu este o legendă afirmația că el s-a văzut nevoit să fure din cimitire și de pe spînzurători, la Paris, rămășițe ale corpurilor umane pentru a studia scheletul.

În cartea sa *Tabulae anatomicae sex* (editată în 1538 de Jean-Etienne Calcar, un elev al lui Tițian, care a executat planșele respective), cît și în ediția îmbunătățită a cărții lui Gonthier d'Andernach *Institutiones anatomicae*, Vesalius mai este adept al lui Galen. Sub influența profesorilor săi din Paris, el face primul pas, acela al întoarcerii la sursele autentice grecești, dar nu

încă pe cel de-al doilea, întoarcerea la natura însăși. Deși își dă seama de pe acum că Galen nu este infailibil, el consideră totuși sistemul galenic ca pe un ansamblu ireproșabil, în care este suficient să fie îmbunătățite cîteva detalii. Astfel, de pildă, în cartea sa *Tabulae*, el a corectat descrierea clasică a sacrului și a mandibulei (despre care se mai credea că este scindată la mijloc) și descrie prostata. Încă de la Paris, el descoperise terminația exactă a marii vene azigos, iar în timpul ședерii sale la Louvain, disecînd cadavrul unei femei tinere, a văzut, pentru prima dată în istoria științei, corpul galben ovarian. Anii 1539 și 1540 marchează o cotitură hotărîtoare. În mediul liberal din Padova, Vesalius obține pentru prima dată material suficient pentru disecție.

În timp ce își ține prelegerile la Universitatea din Bologna, unde a fost invitat în ianuarie 1540 pentru a prezenta demonstrații anatomice, el lansează o adevărată sfidare la adresa anatomiei galenice. Faptul acesta a fost recent pus în evidență prin publicarea însemnărilor unui student german cu numele de B. Heseler, care a asistat la cursul lui Vesalius. Proclamînd unica autoritate a autopsiei, Vesalius refuză să admită că ficatul are cinci lobi și critică alte opinii ale lui Galen. Cînd editura venețiană Junte îi cere să pregătească o nouă traducere latină a tratatelor anatomice ale maestrului din Pergam, Vesalius se adresează direct manuscriselor grecești și își dă seama că Galen n-a disecat niciodată cadavre umane, ci a aplicat anatomiei omului observațiile făcute în cursul unor disecții zoologice. El a demonstrat că osteologia lui Galen se referă la maimuțe și nu la om.

În acest caz, întreaga anatomie umană trebuia refăcută. Era o întreprindere cutezătoare și gigantică, dar Vesalius, care împlinise pe atunci douăzeci și cinci de ani, s-a apucat de ea cu întreaga ardoare tinerească. În trei ani, el a pregătit noul atlas al microcosmosului: *De humani corporis fabrica libri septem* (Șapte cărți asupra structurii corpului uman), un volum in-folio de aproape 700 de pagini cu vreo 300 de ilustrații.

Deși era un desenator excelent, Vesalius a încredințat partea cea mai grea a iconografiei sale unor pictori profesioniști, care par să fi aparținut atelierului lui Tițian. A contribuit, între alții, cu talentul său, Jean-Etienne Calcar. Vesalius a dirijat personal întreaga muncă a ilustratorilor și, din motive pe care nu le cunoaștem, i-a lăsat pe aceștia în anonimat. Gravurile în lemn au fost executate la Veneția, apoi transportate la Basel, unde, în 1543, în tipografia lui Jean Oporinus și sub supravegherea personală a lui Vesalius, a apărut prima ediție a tratatului *Fabrica*. După cîteva săptămîni a fost publicat un rezumat latin al acestei lucrări. Ediția a doua a marelui atlas, tipărit în același oraș în 1555, conține o nouă pagină de titlu ilustrată și cîteva adaosuri importante.

Cartea *De humani corporis fabrica* are șapte părți. Primele două, consacrate osteo- și miologiei, merită o atenție specială din pricina originalității lor și a structurii lor didactice. Celebra serie de ecorșeuri și schelete a fost mult admirată. Printre noutăți semnalăm reprezentarea sfenoidului și a carpului. Exemplul cel mai des citat este, fără îndoială, reprezentarea sternului. După Galen, osul acesta este format din șapte sternebre. În atlasul său *Tabulae* din 1538,

Vesalius încă mai urmează tendinţa galenică. Sylvius a arătat, cu puţin înainte, că autopsia pare să dezmintă părerea lui Galen, şi, pentru a salva autoritatea vechilor texte, el a presupus o micşorare degenerativă a toracelui uman, cu o reducere treptată a numărului de segmente ale sternului. Estienne, văzînd că sternul cadavrelor are trei şi nu şapte părţi, a găsit o ieşire, dînd dovadă de o adevărată ingeniozitate scolastică: Galen ar fi numărat sternebrele separat pentru partea stîngă şi pentru partea dreaptă, iar dacă mai adăugăm apendicele xifoid, găsim o explicaţie pentru numărul şapte. Pe una din marile planşe din *Fabrica*, sternul este împărţit în cinci părţi (este probabil una dintre cele mai vechi planşe din lucrare), dar pe desenul special, cît şi în textul explicativ adevărul iese la lumină fără echivoc.

Părţile a treia şi a patra a cărţii tratează despre vene, artere şi nervi. Nivelul ridicat al primelor capitole nu se menţine întotdeauna în rest. Majoritatea lucrării conţine greşeli. Printre cele mai importante trebuie notate reflecţiile generale asupra naturii nervilor.

Părţile a cincea şi a şasea sînt consacrate splahnologiei: viscerelor abdomenului şi organelor toracice. O foarte bună descriere a intestinelor şi veziculei figurează alături de o prezentare mediocră a ficatului, splinei, rinichilor şi a organelor genitale. Vesalius se află într-o situaţie dificilă: deşi se eliberează de anatomia galenică, acceptă vechile idei asupra fiziologiei, care falsifică observaţiile sale. Cercetările lui Vesalius asupra inimii sînt deosebit de importante, deoarece pe baza studiului acestui organ va fi răsturnată fiziologia galenică. Vesalius s-a apropiat foarte mult de recunoaşterea naturii musculare a inimii şi a funcţiunii ei motrice, iar ideile sale preconcepute asupra mişcării sîngelui şi a spiritelor îl împiedicau să vadă clar lucrurile. El a constatat izocronismul sistolei şi al pulsului, dar, fiind convins că dilatarea şi contractarea inimii sînt procese pasive, nu a tras din observaţia sa nici o concluzie utilă. Vesalius a negat existenţa „osului cardiac" al lui Galen şi, ceea ce este mai important, a observat inexistenţa porilor în peretele interventricular, fapt capital pentru înţelegerea circulaţiei sîngelui. În prima ediţie a *Fabricii* sale, el se mulţumeşte în această privinţă cu o indicaţie poate ironică şi cu siguranţă şovăielnică; în ediţia a doua, el se pronunţă clar împotriva existenţei acestor pori. Recunoaşte însă cinstit că explicaţiile sale cu privire la inimă le urmează pe acelea ale lui Galen: „nu pentru că aş crede că ele sînt absolut exacte, ci pentru că ezit să încerc o descriere cu totul nouă a funcţiunii inimii".

În sfîrşit, partea a şaptea se ocupă cu anatomia creierului şi dă indicaţii asupra vivisecţiei. Descrierea sistemului nervos central este, fără îndoială, ceea ce găsim mai bun în întreaga operă a lui Vesalius: notăm aici distincţia dintre substanţa albă şi substanţa cenuşie, o excelentă reprezentare a ventriculilor, a glandei pineale, a tuberculilor cvadrigemeni, a pedunculilor etc. *Rete mirabile* prezentă încă în *Tabulae* este acum definitiv respinsă. După cum explică Vesalius, un timp el a crezut în existenţa acestei formaţii anatomice, deoarece a găsit-o făcînd disecţia unor miei.

Cu toate acestea, Vesalius nu s-a eliberat niciodată pe de-a întregul de anatomia zoologică. De pildă, descrierea venei cave şi a ramurilor aortei corespunde în lucrarea lui vaselor maimuţei şi nu celor ale omului. Ochiul pe care el îl

descrie nu este cel uman. El greşeşte presupunînd că un muşchi care porneşte de la gît, ridică pieptul, că arterele cerebrale se termină în sinusuri, că mucozităţile ajung în nas din creier, că măduva spinării merge pînă la canalul sacral etc. Lista inexactităţilor mai poate fi prelungită, dar ea nu trebuie să ne facă să uităm că, după cum constată Hintzsche, în peste douăzeci de puncte Vesalius se depărtează de concepţiile galenice. Afară de aceasta, el a revoluţionat tehnica disecţiei şi a îmbunătăţit terminologia anatomică. Îi datorăm în special unii termeni pitoreşti ca „bazin", „valvulă mitrală", „ciocănaşul şi nicovala".

SUCCESORII LUI VESALIUS. În pofida vehemenţei unor detractori, supăraţi chiar de caracterul ireverenţios al declaraţiilor lui Vesalius, meritele acestuia nu au fost niciodată puse la îndoială în mod serios. Este important să remarcăm că nu toate criticile au provenit de la apărătorii fermi ai lui Galen. Vesalius a fost atacat şi mai dur de către Colombo, care în slujba aceluiaşi ideal îi reproşa profesorului său unele imperfecţiuni şi greşeli în spirit galenic, adică îl ataca pentru că s-a oprit la jumătatea drumului, în loc să emancipeze complet anatomia.

În cursul întregului secol al XVI-lea, Padova a rămas centrul mondial al cercetărilor anatomice, cu toate că Vesalius a părăsit acest oraş în 1543. Învăţătura lui a fost reluată mai întîi de Realdo Colombo, apoi de Gabriele Falloppio şi de Girolamo Fabricio d'Acquapendente, profesorul lui Harvey.

După o şedere relativ scurtă la Padova, Colombo a predat anatomia la Pisa şi la Roma. Graţie unui simţ critic foarte dezvoltat şi posibilităţii de a face un mare număr de disecţii, acest anatomist a putut să corecteze şi să completeze opera lui Vesalius în mai multe probleme, în special în descrierea mediastinului, a membranelor seroase şi a muşchilor laringelui şi ai ochiului. Colombo a demonstrat că sîngele trece din plămîni în venele pulmonare şi urmează deci acest drum din ventriculul drept în ventriculul stîng al inimii. El a descris într-un capitol special aspectele anormale ale organelor, devenind astfel, după A. Benivieni (1507), pionierul anatomiei patologice. Cartea sa *De re anatomica* (publicată în 1559, după moartea lui Colombo) a fost deosebit de apreciată datorită limbajului ei cît se poate de clar şi simplu; s-a regretat doar lipsa de ilustraţii.

Gabriele Falloppio (Falloppius) din Modena, profesor la Ferrara, apoi la Pisa şi, în sfîrşit, la Padova (începînd din 1551), specialist deosebit de abil în disecţii şi autor al lucrării *Observationes anatomicae* (Veneţia, 1561), a fost, după Vesalius, cel mai ilustru reprezentant al noii anatomii. Istoricul german Haeser nu greşeşte probabil atunci cînd afirmă că Falloppio îl depăşeşte pe Vesalius în ceea ce priveşte exactitatea observaţiilor, cît şi numărul descoperirilor. El a descris coarda timpanului, canalele semicirculare ale urechii interne, sinusul sfenoid, trompa uterină etc. Corectîndu-l pe Vesalius, Falloppio constată că arterele cerebrale nu duc spre sinus, că embrionul uman nu posedă vezicula alantoidiană etc. El stabileşte omologia dintre organele genitale ale bărbatului şi ale femeii. În sfîrşit, el a fost primul care a vorbit despre anatomia unor *partes similares*, anticipînd astfel noţiunea de ţesut. Succesorul său la catedra de anatomie din Padova, Fabricio d'Acquapendente, este întemeietorul

celebrului amfiteatru anatomic din această universitate. El a întocmit un splendid atlas în culori de anatomie comparată (rămas pînă în zilele noastre în formă de manuscris), a inițiat studiul sistematic al embriologiei și a descris valvulele venelor.

Un singur anatomist de seama lui Vesalius și Falloppio a lucrat fără legătură cu școala de la Padova. E vorba de Bartolomeo Eustacchi (Eustache), profesor la Sapienza de la Roma, umanist de o rară erudiție și totodată medic și anatomist. În afară de numeroase descoperiri datorate disecției în genul lui Vesalius (trompa care-i poartă numele, mușchii ciocănașului și ai scăriței, glandele suprarenale etc.), el a inaugurat așa-zisa *anatomia artificiosa et subtilis* (cum îi vor spune autorii din secolul al XVII-lea) sau anatomia de textură, care i-a permis să întrevadă structura fină a nervilor și a parenchimului renal.

Menționăm, de asemenea, școala de la Bologna cu Constantino Varolio (cercetări asupra creierului) și Giulio Cesare Aranzio (cunoscător inegalabil pentru epoca sa al anatomiei fătului), școala de la Ferrara cu Canano, școala de la Napoli cu Gian Filippo Ingrassia (cercetări osteologice, descoperirea veziculelor seminale etc.), școala de la Pisa cu Guido Guidi (Vidius), fost profesor al Colegiul regal de la Paris (în special cercetări asupra oaselor craniene), iar în afara Italiei, școala de la Montpellier cu Guillaume Rondelet (care a înființat în 1556 un amfiteatru de anatomie; observator abil și original) și André Du Laurens, cît și școala de la Basel cu Felix Platter, Theodor Zwinger și Gaspard Bauhin.

Parisul avea să rămînă multă vreme citadela galenismului. În acest oraș, noua orientare a cercetărilor anatomice nu va lua avînt decît în secolul următor. Dacă Facultatea de medicină se împotrivea cu îndărătnicie oricăror inovații, chirurgii preferau bunul-simț și mărturia directă a ochilor învățăturii tradiționale. Ei practicau cu hărnicie disecția, fără a face însă descoperiri importante. Lucrările lui Paré, în special cartea sa *Anatomia universală a corpului uman* (1561), au răspîndit ideile lui Vesalius printre practicieni. Cu toate că Facultatea de medicină de la Paris a păstrat pînă la sfîrșitul secolului o atitudine retrogradă față de cercetarea anatomică, unul dintre profesorii de la această facultate, Jean Fernel, a elaborat în 1542 frumoasa frază, repetată de atîtea ori de atunci: anatomia este tot atît de necesară medicinii ca și geografia istoriei.

B. FIZIOLOGIA

„PHYSIOLOGIA" LUI FERNEL. În 1542, profesorul parizian Jean Fernel a publicat tratatul *De naturali parte medicinae*, fără îndoială primul studiu monografic modern asupra fiziologiei. Fernel a fost creatorul termenului, și în ediția a doua a lucrării sale l-a folosit chiar în titlu: *„Universae medicinae liber primus: Physiologiae libri septem* (Paris, 1554). Titlul francez sună: *Les sept livres de la physiologie ou discours de la nature humaine*. Considerată ca o introducere în medicină, *Physiologia* își propunea să studieze omul în raport cu *res naturales* (făcîndu-se distincție între acestea și *res praeter naturam* și *supra naturam*). Fernel arată că scopul fiziologiei este cunoașterea „naturii omului sănătos, a

tuturor forțelor și a tuturor funcțiilor sale". Bine delimitată de patologie și de studiile clinice, fiziologia lui Fernel nu putea fi, în schimb, separată de anatomie și de psihologie. Ea se înscrie într-o antropologie psihosomatică pentru care corpul nu poate fi studiat fără suflet, forma fără funcțiune.

Spre deosebire de Vesalius, care deschide o nouă perioadă în cercetările anatomice, Fernel reprezintă, într-o măsură mult mai mare, apogeul vechii doctrine decît începutul unei abordări noi în studiul funcțiunilor vitale. Termenul a fost creat, dar noua știință încă nu a fost constituită prin aceasta.

Lucrarea lui Fernel ne apare astăzi ca un ultim mare efort, încă justificat din punct de vedere istoric, de a construi un sistem de fiziologie deductiv, teleologic, bazat pe noțiunile de calitate și ignorînd metodele de experimentare cantitativă. Pentru Fernel, sufletul este principiul și cauza tuturor funcțiunilor ființei vii. Datorită așa-ziselor *facultates naturales*, el mișcă corpul, digeră alimentele etc. „Suflurile" sau „spiritele" servesc drept intermediar între suflet și organe: *spiritus naturales* participă la nutriție și la creștere, *spiritus vitales* contribuie la mișcarea sîngelui, la plus și la respirație, *spiritus animales* fac posibile mișcările mușchilor și percepția prin simțuri. În acest context general se inserează, fără mare dificultate, doctrina clasică a elementelor, a calităților, a umorilor, a temperamentelor. Anatomia se prezintă, în teorie, ca bază a unei explicații raționale a marilor funcții fiziologice, dar în fapt ea este subordonată nevoilor unei interpretări teleologice prin excelență speculative. Galen rămîne mereu marele dascăl, dar în timp ce pe el Fernel îl citează în tratatul său de 18 ori, Aristotel este menționat de 38 de ori.

Anatomia singură nu putea să învingă obstacolele epistemologice care barau drumul fiziologiei. Am văzut cum a ezitat Vesalius , cînd era vorba să-l contrazică pe Galen într-un domeniu în care depășea simpla morfologie. Cu toate acestea, el a avut un spirit prin excelență critic și, ceea ce este deosebit de important, dispunea de o anumită experiență în domeniul vivisecției animale. Folosind porci vii, Vesalius a studiat funcționarea nervilor și a practicat chiar ablațiunea experimentală a splinei. În tratatul anatomic al lui Colombo, un capitol este consacrat vivisecției. Sînt relatate aici observații asupra inimii, creierului și circulației pulmonare la cîine. Guido Guidi, V. Coiter și alții au practicat și ei vivisecția asupra animalelor. Chiar și Fernel s-a folosit de aceste procedee, după cum o indică constatarea sincronismului dintre sistola cardiacă și puls.

VECHEA DOCTRINĂ ȘI NOILE TENDINȚE. În tot cursul secolului al XVI-lea, fiziologia de inspirație galenică rămîne doctrina dominantă. După cum am mai spus-o, nu este o fiziologie în sensul modern al cuvîntului, ci o antropologie teleologică, în cadrul căreia fenomenele psihice fac parte integrantă din evenimentele strict fiziologice. Participînd la aventura medievală, galenismul s-a schematizat întrucîtva și apare în secolul al XVI-lea ca un amestec simțitor de aristotelism.

Dacă Fernel este cea mai înaltă expresie a lui, lucrările științifico-religioase din perioadele medievale timpurii, cum ar fi *De natura hominis* a episcopului

Nemesios, se mai bucură încă de o stimă aproape neștirbită; ele vor fi tipărite în mai multe rînduri și folosite ca manuale.

O cunoaștere bună a morfologiei interne a omului nu a provocat îndată revizuirea ideilor asupra funcțiilor corporale. Tendințele inovatoare au fost stimulate de alți factori. Apariția noii fiziologii se datorează, în primul rînd, conturării medicinii experimentale și considerațiilor de ordin cantitativ din opera lui Nicolaus Cusanus, apoi căutării unor explicații biomecanice schițate, în mod dispersat, în însemnările lui Leonardo da Vinci, influenței neoplatonismului și noilor noțiuni de alchimie cu ajutorul cărora Paracelsus a întreprins atacul său vehement împotriva doctrinei galenice.

De-abia în secolul al XVI-lea o lovitură serioasă a fost dată vechiului sistem al mișcării sîngelui și al spiritelor. Trecerea sîngelui din partea dreaptă a inimii în partea stîngă prin plămîni, descrisă de Servet (1553) și Colombo (1559), va fi interpretată de Cesalpino (1571) în cadrul unei teorii a „circulației", mai generală, dar destul de confuză. Nu este exclus ca, prin intermediul lui Alpago, unii oameni de știință italieni să fi luat cunoștință de vechile observații ale lui Ibn-an-Nafīs sugerînd trecerea sîngelui prin plămîni (vezi vol. I, pp. 473, 523). Pagel a arătat, cudrept cuvînt, că aceste considerații filozofice au avut în formularea noilor concepții un rol tot atît de important ca și observațiile anatomice.

Îi datorăm lui Paracelsus unica doctrină consistentă aflată în totală contradicție cu fiziologia clasică. Pătrunsă de misticism, de alchimie și de astrologie, fiziologia lui Paracelsus posedă, după părerea noastră, o singură calitate reală: originalitatea. Vechile elemente și umori nu mai sînt considerate drept componentele ultime ale materiei și ale corpului uman, ci ca niște corpuri compuse. „Sulful", „sarea" și „mercurul" erau cele trei elemente spagirice care constituiau matricea Naturii. Acești termeni trebuie înțeleși într-o semnificație alchimistă, care corespunde mai mult principiilor de „combustibil", „vaporos" și „solid" decît unor substanțe propriu-zise. Forța are o importanță mai mare decît materia. Sufletul și nu umorile sînt hotărîtoare pentru viață. Noțiunea de „archee", un fel de spirit care guvernează funcțiile vitale, o astrosofie complexă și plăsmuirea unei ierarhii a entităților (entia) imprimă viziunii lui Paracelsus o nuanță de finalism organismic care se încadrează într-o ordine cosmică.

Speculația cea mai aberantă este vecină cu un empirism pozitiv. Astfel, prin adepții lui Paracelsus, cîntărirea și examenul chimic al urinei vor lua locul uroscopiei medievale. După Diepgen, Paracelsus a adăugat la cele două opțiuni clasice ale gîndirii medicale (cea „materialistă", reprezentată de doctrina umorală, și cea „mecanicistă", reprezentată prin atomistică) o a treia concepție — —„ dinamico-vitalistă". Într-adevăr, în secolul al XVI-lea, dogma galenică nu mai este singura credință posibilă a medicilor. Cu toate acestea, cînd Teodor Zwinger scrie (prin 1580) lucrarea sa *Physiologia medica* (tipărită în 1610), sursele — de departe cele mai importante — ale științei sale sînt mereu Galen și Avicenna.

CAPITOLUL IV
Arta vindecării

A. EVOLUȚIA DOCTRINELOR ȘI RĂSPÎNDIREA LOR DIDACTICĂ

CONCEPȚIILE METAFIZICE ASUPRA ORIGINII BOLII. Asprele învățături ale sacrei patogenii, cuprinse încă în Vechiul Testament, reapar în lumea creștină, în fața oamenilor, în decorurile misterelor medievale; în frize, la picioarele lui Dumnezeu adunați, locuitorii celui de-al șaptelea cer, îngerii și preafericiții; pe scenă, omenirea suferindă și păcătoasă; dedesubt, în flăcări, prăpastia, gura flămîndă a infernului, cu diavolii și condamnații săi. Între toate acestea există multiple relații. Cu o mînă răzbunătoare, Atotputernicul face minuni asupra pămîntului și dezlănțuie flagele. Ambroise Paré vede în monștri semne ale „mîniei dumnezeiești". Urmași ai micilor zei locali, moștenitori ai cultului creștinizat al arborilor, al pietrelor și al apelor (mai ales al celor termale), sfinții, cărora tradiția antică populară sau legendară și încrederea bolnavilor și a pelerinilor le recunosc puterea tămăduitoare, „împart" sau vindecă răul după priceperea lor. De pe cer astrii revarsă asupra viețuitoarelor periodicele lor influxuri. Pe pămînt, vrăjitorii, emisari ai puterilor întunericului, răspîndesc vrăjile lor nefaste. Cînd ciuma a bîntuit la Geneva, Calvin a ars pe rug paisprezece nenorociți, acuzați de a o fi provocat prin incantațiile lor. Din adîncurile infernului apar pe pămînt, împreună cu strigoii, diavolii care-i îndeamnă pe oameni la păcate, or, așa cum spune apostolul Pavel (Epistola către romani, V, 2), păcatul a adus în lume boala și moartea. Trepte imperceptibile leagă din nou reminiscențele concepției primitive asupra miracolelor de taumaturgia creștină și de legendele tradițiilor populare, alături de speculațiile raționaliste ale științei scolastice. Cîțiva medici spanioli, italieni și francezi (printre care Louis Lobera d'Avila, G.B. Silvatico, F. Ranchin) insistă asupra inspirației lor religioase și predică o medicină catolică.

MOȘTENIREA GALENO-IUDEO-ARABĂ ȘI CONTRIBUȚIA UMANISMULUI. Partea principală a *Corpus*-ului medical o constituie lucrări moștenite de la civilizația arabă: pe de o parte traducerile din Isaac, din 'Ali ibn 'Abbās, din Hipocrat și din Galen, făcute de Constantin Africanul și transmise de școala de la Salerno; pe de altă parte, traducerile din Rhazes, Avicenna și Abulcasis, făcute de Gerardo din Cremona și de școala de traducători de la Toledo. Există, de asemenea, un număr mare de incunabule care reproduc lucrările de chirurgie ale lui Abulcasis, sau pe cele ale lui Avicenna. În 1473 apare la Strasbourg prima ediție latină a scrierilor lui Avicenna, iar operele lui de medicină vor fi reeditate

în 1527 de familia de editori veneţieni Junta. În 1593, tipografia de la Roma a familiei Medici publică o splendidă ediţie a *Canonului* lui Avicenna, în original. Dar dacă medicina islamică mai păstrează cîţiva apologeţi în persoana lui Lorenz Fries (*Defensio Avicenna*, Strasbourg, 1530) şi a lui B. Unger din Tübingen (*Apologetica epistola pro defensione Arabum medicorum*, 1533), în 1492 Leoniceno critică cu asprime greşelile lui Avicenna (*De Plinii et plurium aliorum in medicina erroribus*), iar mai tîrziu Symphorien Champier va denunţa „reaua şi falsa inteligenţă a autorilor arabi, care au falsificat doctrina grecilor".

De altfel, izvoarele greceşti nu erau ignorate. Cruciaţii au adus din Orient cîteva manuscrise preţioase. Erau tezaure foarte rare, din care umaniştii vor încerca să culeagă, să cureţe şi să multiplice textele originale. La acestea se vor adăuga contribuţia şi traducerea moştenirii bizantine. Linacre, care încearcă să-l traducă pe Galen, îl roagă pe profesorul şi prietenul său Guillaume Budé să-i revizuiască traducerea. La Paris, eruditul medic Guillaume Cop învaţă limba elenă. La Colegiul regal, Guido Guidi (Vidius) şi Louis Duret, iar la Facultatea de medicină Jean de Gorris şi J. Houllier îl comentează pe Hipocrat, Conthier d'Andernach predă limba greacă la Louvain. Giovanni Crestone pune la dispoziţia celor care studiază cultura greacă lucrarea sa *Lexicon graeco-latinum* (1499). Pierre Gilles din Alpi alcătuieşte un *Lexicon graeco-latinum*, care va fi tipărit la Basel în 1532. Cu acesta va concura mai tîrziu lucrarea *Onomasticon medicinae* de Otto Brunfels (1534), iar ulterior ambele vor fi depăşite de *Dictionarium medicum* (1564), un sumar al sinonimiei greco-latine alcătuit de H. Estienne, care este şi autorul lucrării *Thesaurus graecae linguae* (1572). Astfel, medicina Renaşterii este o medicină filologică.

Tiparul, umplînd golurile lăsate de raritatea manuscriselor, va desăvîrşi opera de propagare a acestora. În 1478 este tipărit la Florenţa tratatul lui Celsus, care apare deci înaintea celui al lui Galen. În tipografia familiei Aldo din Veneţia , a lui J. Oporinus la Basel, a lui Trechsel, G. Rouillé, Gryphius, a lui Tournes la Lyon, a lui Marnef la Poitiers, a lui Ch. Wechel şi a familiei Estienne la Paris, a familiei Plantin la Anvers, apar acele frumoase ediţii, *amplissimis schollis illustratae*, prevăzute cu tabele şi liste paralele, care pot fi consultate cu uşurinţă şi folos, punînd la dispoziţia tuturor texte clasice restaurate, în locul manuscriselor falsificate de copişti evrei sau pline, cum spune Guy Patin, de „zgură arabă". Rabelais, care obţinuse titlul de bacalaureat în medicină, îşi face o glorie din a-l comenta (1531) pe Hipocrat în faţă studenţilor de la Montpellier, după nişte lecţii inedite descoperite de el într-un manuscris grec. În 1532, el reeditează la Lyon, în tipografia lui Gryphius, *Aforismele*. Elogiind eforturile lui Giovanni Manardi din Ferrara care revine la sursele greceşti pure, el prefaţează o reeditare a celui de-al doilea volum al lucrării acestuia *Epistolae medicinales*, tipărite în acelaşi an, la aceeaşi tipografie.

La dispoziţia celor care nu înţeleg limba lui Homer se află numeroase traduceri în latină. Din traducerile *Aforismelor* lui Hipocrat nu voi cita decît pe acelea ale lui Th. Gaza (Veneţia, 1493) şi a lui Leoniceno (Ferrara, 1509). Acelora care vor să se orienteze în lucrările maestrului, A. Foës, D. da Pomi şi alţii le oferă indici şi registre. Janus Cornarius execută o traducere bună a *Colecţiei hipocratice* (Veneţia, 1545), iar către sfîrşitul secolului va apărea o

monumentală ediție latină (Frankfurt, 1595), căreia Anutius Foës i-a consacrat întreaga sa existență. În 1532, Gonthier d'Andernach publică la Paris *De re medica*, o traducere după Paul din Egina. Leoniceno dă prima versiune latină a lucrării lui Galen *De motu musculorum*, dar aceasta este publicată la Londra de Linacre.

Se întîmplă însă că textul original să conțină obscurități: trebuie acordate părerilor maestrului cu propriile sale spuse sau cu opiniile divergente ale altor autori. Andrès Laguna se va strădui să-i împace pe Hipocrat și Galen în lucrarea sa *Epitome* (Lyon, 1553), pe care J. Peletier o va revizui în cartea sa *De Conciliatione locorum Galeni* (Paris, 1560). Astfel se suprapun critica criticilor și comentariile comentariilor, muncă dialectică anticipată, de altfel, de mult timp de glosele arabilor și ale evreilor și de subtilitățile scolastice.

Învățații nu ezită să argumenteze aceste disertații destul de austere prin cîte o fantezie doctă: Jean de Gorris și Jacques Grévin traduc în versuri *Theriaca* lui Nicandru. La traducerile din limba greacă în limba latină și la publicarea textelor clasice în ediții bilingve, greco-latine, se adaugă, în curînd, traduceri și adaptări în limbile curente. Dacă, la Basel, înlocuirea de către Paracelsus a limbii latine cu germana în cursurile și cuvîntările sale stîrnesc zarvă, Spania este mai liberală. În 1531, la Valladolid, apare *Libro de la anathomia del hombre* a lui Bernardino Montaña de Monserrate, iar Laguna publică, la Anvers, în 1555, o traducere a lui Dioscoride în castiliană. În 1559 apare la Roma o versiune italiană a cărții *Historia de la composicion del cuerpo humano* a autorului spaniol Valverde.

Și în Franța știința se emancipează, Sebastien Colin și Jacques Grévin cer folosirea limbii franceze chiar și în medicină. La Lyon se publică o traducere franceză a unor tratate de Hipocrat, Galen și Oribasios. Cea mai veche traducere franceză tipărită a *Aforismelor* lui Hipocrat este versiunea lui Jean Brèche (Paris, 1550), reeditată de mai multe ori. În 1596, Jean Bomier publică la Niort *Aforismele tălmăcite în versuri franceze*. Aceste tentative sînt, ce-i drept, dezaprobate de Julien Béré în 1572. Și dacă se admite ca Jean Canape să reîntinerească *Chirurgia* lui Guy de Chauliac pentru uzul breslei chirurgilor, dacă Școala (Sorbona) îi dădăcește în limba franceză pe bărbieri, ea nu tolerează ca Știința să fie prostituată printr-o vulgarizare excesivă. De aceea, ea denunță incompetența și încălcarea monopolului său didactic de care se face vinovat temerarul Ambroise Paré, acest bărbier care, pretinzîndu-se profesor de chirurgie, predă arta sa *ex cathedra*, și chiar își expune doctrina în catrene. Lucrarea lui Paré, fiind prea bine realizată, îi supără pe doctori.

Propagată în Anglia de Linacre, la Paris de G. de Baillou, J. de Gorris, L. Duret, L. Joubert, la Lyon de S. Champier, în Italia de N. Leoniceno, Paolo Giovio și David da Pomi, doctrina hipocratico-galenică își păstrează autoritatea cu tetrada sa umorală (sîngele, bila, atrabila, flegma), cu învățătura sa conexă despre temperamente și discrazii, cu concepția sa nosologică a umorilor pecante, care din faza de cruditate trec, în zilele critice, în cea de coacere și de evacuare spontană determinată de *natura medicatrix*. Aceasta este evoluția dacă nu se întîmplă ca, mînate prin împrejurări nefericite într-o altă zonă a organismului, ele să determine vreo metastază. La acestea se adaugă semnele

prognostice care decurg din aceste reacţii. Doctrina umorală găseşte însă un adversar viguros: medicul Paracelsus, elveţian de origine, care vrea să înlocuiască tetrada clasică prin cele trei principii alchimice: „sarea", „mercurul" şi „sulful". Paracelsus concepe un sistem întreg de patologie în funcţie de procesele chimice cunoscute pe timpul său, dar le dă interpretări animiste.

RĂMĂŞIŢELE OCULTISMULUI. Alături de sistemele raţionale renasc sugestiile ocultismului. Ele se afirmă la medicii evrei, îşi găsesc un ecou prin Paracelsus în sufletul german înclinat spre misticism şi orbesc, de asemenea, numeroşi medici francezi, italieni şi spanioli. Ideile lui Cardano rămîn înceţoşate de visările lui Plotin; în Franţa, Champier nu rămîne insensibil la scrierile lui Marsilio Ficino şi chiar Fernel se lasă influenţat de atracţia misterului. De altfel, opinia curentă nu s-a îndoit niciodată de existenţa unor legături între microcosmosul uman şi ansamblul universului. Nu este vorba numai de înrîurirea ambianţei climatice la care se referă Hipocrat, ci şi de vicistitudinile astronomice şi de cele legate de anotimpuri, care domină o dată cu muncile viticultorilor şi ale agricultorilor viaţa vegetală şi animală, fluxul sevei şi al sîngelui. Dacă tradiţia populară stabileşte după fazele Lunii şi după anotimpuri datele favorabile pentru luarea sîngelui, pentru purgaţie, pentru tăierea abceselor, pentru baie, pentru tunderea bărbii şi a părului, cei care practicau medicina nu contrazic aceste prejudecăţi. Aceste principii concretizate prin figura omului care ia sînge[1], *Aderlassmann* de pe vechile estampe germane, sînt confirmate de autorităţile spirituale. Călugărul Ludovic de Gernada admite că influxul astral este unul dintre agenţii „regiunilor elementale" naturale şi că Luna provoacă anumite „alterări" în corpul uman „mai cu seamă la bolnavi în perioadele de Lună plină şi de Lună nouă, cît şi în timpul eclipselor". Calvin admite şi el „o corespondenţă între planete şi stările corpului uman". Astfel, fenomenele cereşti regizează patologia colectivă: Jacques Peletier (*De peste compendium*, 1563) atribuie ciuma unei conjuncţii între Saturn şi Jupiter, iar după părerea lui Jehan de l'Espine, cometa din 1553 ar fi provocat „mortalitate în mai multe locuri". Pe de altă parte, la un individ fiecare viscer reacţionează la mişcările corespondentului său sideral. Inima este dirijată de Soare, creierul de cursul Lunii; Saturn, fiind rece, îi domină pe melancolici şi, fiind uscat, îi domină pe cei avari; Luna, astru umed, comandă fiziologia feminină, Venus îi incită pe cei influenţaţi de ea la desfrîu, iar Marte, la curaj.

De altfel, pecetea acestor patronaje astrale este vizibil imprimată asupra unor indivizi care au acele „semne" sau indici, despre care a scris pe larg Filippe Finella şi poate fi descoperită, în mod mai frecvent, după liniile mîinii. *Ştiinţa*

[1] Asemenea gravuri cu „oameni de venesecţie" au circulat şi la noi, mai mult în Transilvania, pentru folosinţa bărbierilor-chirurgi. În cel mai vechi calendar de perete cunoscut, publicat la Sibiu în 1602, se citesc în dreptul zilelor indicaţii despre timp, tăierea lemnelor, vînătoare, tunsul părului şi lăsarea sîngelui. În alt calendar, format carte, în limba ungară, din 1606, se află reprezentarea unui „om de venesecţie" care este cea mai veche asemenea reprezentare cunoscută în ţara noastră (G. NUSSBÄCHEL, *Tipărituri sibiene necunoscute, de pe la 1600*, în „Revista arhivelor", Nr. 1, 1966, pp. 113—118). — *N.V.*

curioasă sau *chiromanția* atinge apogeul în secolele XV și XVI prin Bartolommeo della Rocca, zis Cocles (*Chyrommantiae... anastasis*, Bologna, 1504), Johannes ab Indagine (1522) etc. În palmă se înscriu, ca într-o oglindă a timpului, corespondentele celor trei planuri: intelectual, astral și elementar care comandă viscerele.

Se acordă, de asemenea, importanță fiziognomoniei și habitusului general al corpului. Aceste date nu trebuie să fie în nici un caz neglijate. Mimica, ca și comportarea exterioară, oferă date pozitive observației medicale. G. Grataroli din Bergamo (1554) și napolitanul Giambattista della Porta încearcă să reducă fiziognomonia la semiotică. Creionul lui Leonardo da Vinci va fixa semnele decăderii senile și va analiza grimasele rezultate din jocul mușchilor mimicii, care exprimă stările psihice.

Autorii însă nu se mulțumesc să tragă concluzii fiziopatologice plauzibile din aspectele morfologice sau din unele stigmate corporale. Fiziognomonia, artă bazată pe ghicit, se trage în același timp din tradiția persană, transmisă prin intermediul arabilor, și din vechile practici chineze sau indiene anterioare erei noastre. Reluate în secolul al XIII-lea de Michael Scotus, aceste închipuiri vor fi apoi reînviate în secolul al XVI-lea în opera lui Johannes ab Indagine și în *Metoposcopia* lui Cardano. Stigmatele imprimate pe figură nu numai că domină prezentul individului, dar prezic și destinul său.

B. SEMIOTICA ȘI NOSOLOGIA

EXAMENUL CLINIC. Pregătirea studenților de la facultate avea un caracter teoretic. Profesorul citea, comenta și discuta *ex cathedra* un text hipocratic, galenic sau chiar unul recent; Fernel a avut cinstea să-și vadă scrierile dezbătute în școli încă în timpul vieții sale. Numai la Padova G.B. del Monte practica învățământul clinic în sensul propriu al cuvîntului, adică la patul bolnavilor. În alte părți, pentru a trece de la teorie la realitate, absolventul facultății trebuia să se atașeze unui doctor și să-l urmeze în practica sa, pentru a se iniția în examenul pacienților *more hippocratico*. La început se examina constituția generală a corpului, starea tegumentelor și a mucoaselor, direct sau cu ajutorul instrumentelor (*dioptrul* lui Paul din Egina sau *speculum matricis* vor fi reluate și întrucîtva modificate de P. Franco și A. Paré). Prin palpare se aprecia starea algidă sau febrilă, se controla apoi ritmul, amplitudinea și frecvența pulsului (încă necronometrat). Nu se omitea, de asemenea, sucusiunea hipocratică. În schimb, nu se practica încă ascultația, pe care o va introduce Laennec. Se practică, pe scară largă, examenul umorilor: al sîngelui, a cărui culoare și „pojghiță" se apreciază după ce medicul ia sînge bolnavului, al sputei și vărsăturilor, al urinei, ale cărei proprietăți fizice medicul le apreciază ridicînd la nivelul ochilor, cu un gest aproape ritual, recipientul sau *matula* pe care autorul miniaturilor din lucrarea ce se afla în posesia Anei de Bretagne, *Livre d'heures*, le plasează în mîna sfîntului Damian. De aici o mulțime de deducții mai mult sau mai puțin ingenioase sau hazardate, deoarece se întîmplă ca

bolnavul să nu fie reprezentat la consultaţie decît prin vasul cu urina sa, adusă de altcineva.

CONTURAREA ENTITĂŢILOR NOSOLOGICE. Dacă autorii se pierd în multitudinea de febre şi „peste" atît de frecvente în acea epocă, medicina bazată pe observaţie, potrivit preceptelor hipocratice, reuşeşte să degaje unele entităţi morbide valabile, fie uitate, fie necunoscute anterior sau confundate. Practica autopsiei oferă prima schiţă a unei noţiuni anatomice a bolii (Benivieni, Benedetti, Coiter, Fernel).

Baillou descrie foarte bine tusea măgărească şi crupul. Se face, de asemenea, ordine în haosul febrelor eruptive. Italienii au schiţat, prin Ingrassia din Napoli (1553), o diferenţiere a scarlatinei (rossania) pe care o vor preciza François Ulmeau şi, pe la 1578, sub denumirea de febră purpurată epidemică, Jean Coytard de Poitiers. Medicii militari, care participă la diferite campanii, sînt foarte bine informaţi asupra tifosului exantematic: *tabardillo* din timpul asediului Grenadei (1479) sau *febris pestilens*[2], care a bîntuit în timpul războaielor din Italia (1505—1550), la Poitou (1557), în timpul războaielor din Ungaria (1566) etc. O bună descriere clinică a tifosului este dată de Cardano (1536) şi de Fracastoro (1546). În sfîrşit, *morbul sudatoriu* face ravagii în Anglia, în special în anii 1518, 1529 şi 1551.

Prospero Alpino (*De medicina Aegyptorum*, 1591) a studiat patologia orientală, Jean de Béthencourt a găsit în India misionari italieni care distribuiau indigenilor binefacerile medicinii europene, iar în secolul al XVI-lea iezuitul Mattéo Ricci înfiinţează infirmerii în China. În timpul escalelor lor sau al şederilor în Indonezia, chirurgii de bord ai companiilor din Indiile Orientale îi îngrijeau pe indigenii din jurul agenţiilor cu medicamentele de care dispuneau. Dintre aceşti practicieni, cel mai vechi menţionat în cărţi este chirurgul Jacob Waterman, debarcat în 1599 la Banda.

Bolile tropicale, elefantiasisul, holera sînt descrise în relatările lui Filippo Sassetti, negustor şi scriitor, mort la Goa în 1588. În unele ţări se reîntîlneşte lepra, care, din contra, în Europa se află într-un regres atît de mare, încît în secolele XVI şi XVII leprozeriile se închid sau se folosesc pentru alte scopuri, de oarece sînt lipsite de pacienţi.

Scorbutul, uitat din timpul cruciadelor, reapare în secolul al XV-lea la membrii echipajelor de cursă lungă. El îi decimează pe mateloţii lui Vasco da Gama în dreptul ţărmurilor Mozambicului (1498); mai tîrziu, în iarna anilor 1535—1536, pe marinarii lui Jacques Cartier care explora fluviul Sfîntul Laurenţiu; pe participanţii la expediţiile lui Drake (1578) şi Cavendish (1586). Lumea Nouă îi rezervă celei Vechi surprize dintre cele mai neplăcute: sifilisul, amintire dintr-o călătorie, adus în Europa, ca de obicei, de cei care l-au însoţit

[2] Tifosul exantematic este numit *febră peteşială* de către Ioachim Burserus (1621). În „febra de tabără", numită şi „morbus hungaricus", s-au incorporat timp de secole boli variate, ca: febra palustră , dizenteria, catarele intestinele, ciuma, febra tifoidă, tifosul exantematic. Pentru medicul morav de origine transilvănenă, Th. Jordanus (1539—1585), *morbus hungaricus* are sensul de *febră peteşială*. — *V.S.*

pe Cristofor Columb. Soldaţii lui Gonzalvo de Cordoba vor exporta această boală din Spania în Italia. La început, sifilisul este cunoscut sub denumirea de „boală de Napoli", apoi de „boală franceză" după ce trupele lui Carol al VIII-lea îl aduc în Franţa, de unde s-a răspîndit în restul Europei. Pandemia sifilitică pare să fi fost de origine americană, dar problema rămîne şi astăzi deschisă. N-a existat oare în Europa o treponematoză autohtonă din epoca cea mai veche a antichităţii? Cît despre frambezia, întrevăzută poate de medicii arabi, ea va fi bine identificată abia în secolul al XVII-lea.

Din fericire, din aceste călătorii prin ţinuturi îndepărtate se aduceau, o dată cu bolile, şi leacurile respective. Acupunctura, care avea un stagiu milenar în China, a devenit cunoscută în Europa datorită spaniolului Francisco Mendez Pinto, iar America va alimenta cu drogurile sale, necunoscute pînă atunci, veniturile spiţerilor şi ale iezuiţilor, precum şi disputele medicilor.

C. IGIENA ŞI TERAPEUTICA

IGIENA. Profilaxia antiepidemică recurgea la mijloace empirice: carantină izolare în lazaret, fugă din calea molimii. Primele procedee s-au dovedit, de altfel, justificate în combaterea unor boli endemice, ca de pildă a leprei. Alungaţi, închişi, evitaţi cu groază de trecători care-i recunoşteau după costumul pe care erau obligaţi să-l poarte şi după clopoţei, leproşii au devenit foarte rari[3]. Ce se putea însă face împotriva unor boli epidemice ca ciuma, în afară de respectarea vechiului adagio: *Abi cito et longe, et tarde redi*? Procedeele obişnuite erau purificarea atmosferei cu ajutorul unor ruguri mari şi folosirea unui personal sanitar special. („Cioclii" care-i transportau pe bolnavi şi pe morţi, medicii şi chirurgii specialişti în ciumă purtau costume impermeabile şi măşti cu un cioc lung, plin de substanţe aromate). În pofida acestor măsuri, flagelul îşi urma cursul pînă la stingerea spontană. Şi cum s-ar fi putut găsi obstacole eficiente împotriva unor cauze necunoscute? Să-l menţionăm totuşi ca pe un precursor al epidemiologiei raţionale pe Girolamo Fracastoro din Verona, medic, poet şi astronom de o rară valoare. Acesta nu numai că a studiat tifosul, ciuma şi sifilisul la cel mai înalt nivel ştiinţific posibil pe atunci, dar, în afară de molipsirea prin contact cu persoanele sau obiectele contaminate, el a indicat (ca o îndepărtată previziune a teoriilor lui Pasteur) şi existenţa unor germeni sau *seminaria* care se propagă la distanţă (*De contagione et contagiosis morbis*, Veneţia, 1546).

Igiena individuală este, în primul rînd, cea alimentară. Înţeleptul Cornaro recomandă gurmanzilor din epoca sa binefacerile unui regim raţional şi frugal, iar Gabriele Zerbi şi David da Pomi, precursori ai geriatriei, dezvăluie secretele

[3] Regresiunea leprei este aproape cu siguranţă rezultatul unui joc deosebit de complex al factorilor imunologici, în special al competiţiei dintre microbi. Totuşi medicii aveau toate motivele să creadă greşit, bineînţeles, că factorii decisivi erau măsurile sanitare. — *N.A.*

longevităţii. Dacă vinul este mai apreciat decît apa, oare această atitudine nu este justificată de faptul că apa este de cele mai multe ori poluată? În ansamblu, igiena nu depăşeşte cadrul vechiului *Regimen sanitatis Salernitarum*, de nenumărate ori reeditat şi comentat.

MEDICAMENTELE. Farmacia tradiţională preia cunoştinţele clasicilor greco-romani şi ale arabilor. Gonthier d'Andernach publică la Basel, în 1530, o traducere latină a lucrării lui Galen *De compositione medicamentorum*. Îşi menţine prestigiul vechiul *Antidotarium* al lui Nicolaus Salernitanus (Veneţia, 1471). Se bucură de încredere lucrarea cu acelaşi titlu a lui Valerius Cordus (1546), farmacopeile lui Foës (1561), Nicolas Houel (1571), L. Joubert (1579) şi B. Bauderon (1588). Primul manual întocmit în limba franceză este *l'Enrichid ou manipul des miropoles* al lui Dusseau (1561).

Prescripţiile medicale formulate în aşa-numitele *Consilia* (dintre care cele mai cunoscute sînt cele ale lui Fernel, ale lui Amatus Lusitanus şi ale lui Crato von Krafftheim) corespund teoriilor patogenice ale consultantului. Ele se bazează în mod curent pe tetrada tradiţională: celor patru elemente purtătoare ale celor patru calităţi elementare sau ale amestecurilor lor le corespund cele patru umori şi cele patru temperamente simple (flegmatic, coleric, melancolic, sanguin) sau combinate. Cauza cea mai apropiată a oricărei maladii rezidă în umori. De aici se deduce un tratament alopatic *(contraria contrariis)*, care tinde să combată perturbaţia umorală cantitativă sau calitativă.

Primei îi corespund medicaţiile supletive (băuturi) sau depletive: vomitive, purgative, clistere, diuretice, diaforetice, expectorante, ventuze, luarea de sînge (flebotomia maleolară, bazilică, cefalică; omo-sau controlaterală; derivativă sau revulsivă). De aici discuţiile homerice între adepţii parizianului Brissot, care iau sînge bolnavilor de pleurezie din partea bolnavă, şi cei ai lui Denys, medicul regelui Portugaliei, care operează de partea opusă; procesul se dezbate în faţa Universităţii din Salamanca, apoi în faţa lui Carol Quintul.

Cît despre discrazia calitativă, i se vor opune virtuţile antagoniste ale leacului. Împotriva „bolii sf. Antoniu" (gangrena) se prescriu „ierburi reci", dacă este vorba despre gangrenă caldă, şi „ierburi calde", dacă este vorba despre un „foc de gheaţă". În alte cazuri, se fac încercări de a elimina *materia peccans*: fie în mod artificial, prin aplicarea unui vezicator care, spune Ambroise Paré, atrage „umoarea superfluă", sau a unui „seton", care de asemenea trebuie să „atragă materiile din adîncime", fie pe căi naturale cu ajutorul depurativelor, diaforeticelor etc.

Tratamentul clasic sudorific şi sialogog al sifilisului se face cu ajutorul inhalaţiilor de cinabru sau prin ungere în baie de abur cu alifie napolitană, după metoda lui Gasparo Torella. Procedeul este folosit pînă şi în infern, unde Epistenom îl va vedea pe papa Sixtus practicînd tristul meşteşug de „ungător al ulcerelor"! Este un tratament nemilos şi periculos pe care-l consemnează Fracastoro, îl dezaprobă Lopez de Villalobos şi căruia se va încerca să i se substituie depurative vegetale aduse din Lumea Nouă: salcea (salsparilla) introdusă în Europa prin 1530; smilaxul de China, sasafrasul şi cel mai faimos dintre sudorifice, guaiacul sau lemnul sfînt, importat în 1509 de G. Hernández de Oviedo şi recomandat cu căldură de A.M. Brasavola. Preacatolicii regi Ferdinand şi Isa-

bela vor da dispoziția ca fiecare corabie care pleacă spre Europa să aducă o încărcătură de guaiac pe cheltuiala lor.

La aceste leacuri, aduse din diferite colonii, pe care le popularizează Clusius și la care se vor adăuga, pe la 1550, jalapul mexican, balsamul de Peru și coca, iar în 1570 ipecacuanha, se alătură „simplele" (buruieni de leac) de pe meleagurile europene, a căror folosire are la bază fie efectele cunoscute mai de mult în mod empiric, fie proprietățile oculte subliniate de *medicina signaturilor*. Este vorba despre o floră destul de vastă recoltată de culegătorii de ierburi și rădăcini și care se cultivă în grădinile botanice din numeroase orașe. Dar aparenta abundență a acestor colecții de ierburi camuflează sărăcia lor, și medicul este fericit dacă posedă, alături de scamonee, de revent, de casia și de siminichie, un leac ce nu poate fi înlocuit: opiul.

Farmaciile împrumută din regnul animal ingrediente neverosimile: excremente de cîini hrăniți cu os *(album graecum)*, excremente de lup; escrescențele de pe corpurile unor animale europene sau exotice, printre care *bufonitul* sau „piatra broaștei", care se formează în capul unor broaște rîioase; produse umorale (sînge de om tînăr); deșeuri organice: praf de mumie, craniu uman și „osul" inimii de cerb. Este o întreagă bucătărie dezgustătoare de farmece realizate prin mixturi polifarmaceutice sau amestecuri complicate de prafuri. Cea mai celebră este „teriaca" lui Andromachus, alcătuită, conform rețetei lui Galen, din cel puțin 74 de ingrediente (printre care carnea de viperă), iar mai tîrziu revăzute și îmbogățite. Acestor produse cu efect curativ li se adaugă altele cu rol preventiv, cărora le este atribuită proprietatea de a decela otrăvuri și care sînt folosite pentru controlul alimentelor la mesele de la curțile regale. Printre acestea se numără limbile de șarpe (în realitate dinți de rechin), suspendate pe suporturi speciale *(languier)*, și cornul de licorn.

Regnul mineral oferă gastropaților faimosul „pămînt sigilat" de Lemnos, iar în 1520, Johann Lange din Heidelberg propune fetelor atinse de *morbus virgineus* șofranul lui Marte. La concrețiunile de tipul perlelor, pe care le recomandă lucrarea lui Nicolaus *Diamargariton* sau cea a lui Avicenna, se adaugă pietrele prețioase pulverizate, menționate în *Luminare majus* sau în *Lumen apothecarium:* smaraldul, hiacintul, safirul, jaspul, amestecate cu mătase crudă și cu praf de fildeș. Acestui amestec îi face concurență *Electuarium de gemmis* al lui Mèsuë. Ambele sînt evident rezervate clientelei bogate.

Alchimia are deja la activul ei realizări binefăcătoare: alcoolul care conservă organismul mort, ca și pe cel viu, piatra infernală, sublimatul corosiv, precipitatul roșu. Antimoniul rămîne suspect. Și, cu toate că Paracelsus, iar mai tîrziu Peletier și Louis de Launay, autorul lucrării *De la faculté et vertu admirable de l'antimoine* (1564), au evidențiat meritele acestei substanțe, folosirii ei i se opun nu numai Palissy și Jacques Grévin, ci și Facultatea de medicină din Paris, care aduce problema în fața parlamentului. Acesta însă nu ia decît hotărîrea de a interzice spițerilor să vîndă drog în afara prescripțiilor medicale (1566), așa încît polemicile continuă. Școala expulzează din rîndurile sale pe Le Paulmier, care face parte din clanul antimonial (1579), dar nu poate impune tăcere nici chimiatrului danez Peter Sörensen (Severi-

nus), nici marelui protagonist al medicinii spagirice, Duchesne, zis Quercetanus.

Mercurul, doctorie specifică, de care secolul al VI-lea a avut cea mai stringentă nevoie, este mai bine primit. Giovanni de Vigo aplică *precipitatul roşu* ulcerelor veneriene. Argintul viu este ingredientul principal al pilulelor pe care amiralul turc Barbă-Roşie le va oferi lui Francisc I. Paracelsus face o propagandă activă în favoarea chimiatriei şi a metaloterapiei. El proslăveşte virtuţile aurului potabil şi ale pietrei filozofale care asigură o miraculoasă longevitate, dar este contrazis de Jacques Aubert, care condamnă — în lucrarea sa *Institutiones physicae* — folosirea pietrei filozofale, invocînd autoritatea lui Aristotel, şi demonstrează în sensul aforismului *chimiam esse vanam*. Trebuie să admitem totuşi că nu întotdeauna chimiatria lui Paracelsus este lipsită de sens. El a încercat, pe bună dreptate, să substituie empirismului polifarmaceutic produse chimice definite şi preparate pe o bază chimică, să extragă din drogurile puţin cunoscute chintesenţa sau principiul activ adesea distrus, alterat sau diluat prin practicile farmaceutice curente: calcinare, infuzie, decocţie. Fiind un precursor al teoriilor moderne asupra bolilor precipitante sau litopexice, el a încercat să restabilească echilibrul chimic al corpului uman, lichidînd în acest complex de elemente eterogene depozitările nocive, pe cale el le numeşte *tartru*. Dar hermetiştii au suferit eşecuri, deoarece nu aveau decît puţine cunoştinţe de chimie şi nu ştiau să folosească măsura.

De prea multe ori medicii rătăcesc pe drumurile false ale ocultismului. În faţa misterelor atracţiei exercitată de chihlimbar şi de magnet, cum se putea nega schimbul de alte efluvii? Astfel, se putea crede că cornul de inorog ocrotitor ar putea decela otrăvurile, iar succesul *unguentului armar* şi al *prafului de simpatie*[4] atestă corespondenţa fluidică dintre arma care a pricinuit rana şi rana însăşi, dintre sîngele şi umorile celui rănit şi excreţiile sale lăsate la distanţă.

Aceste corelaţii se manifestă şi în regnul mineral. Magul, spune Ronsard, „cunoaşte însuşirile bune ale ierburilor şi ale pietrelor", iar tradiţia lapidarului medical se menţine din epoca lui Dioscoride şi a lui Pliniu, datorită lui Marbod, Albertus Magnus, Mondeville, Marsile Ficin, Mattioli şi Cardano. Gemele nu fac de altfel decît să transmită însuşirile planetelor din care provin. Iar imaginea acestor aştri, ca şi simbolul lor mineral, are puterea unui talisman. Peletier îi oferă lui Montaigne — poate fără să creadă în valoarea darului său — „o mică piesă de aur pe care sînt gravate cîteva figuri cereşti şi care poate fi folosită împotriva insolaţiei şi a durerii de cap". Menţionăm, de asemenea, nenumăratele fetişuri, ale căror secrete au fost popularizate de Albertus Magnus.

Acesta este bilanţul, destul de sumar, al terapeuticii medicale. În comparaţie cu ea, terapeutica manuală oferă rezultate vizibile sau palpabile. O

[4] Se credea că ungînd cu o alifie sabia care pricinuise o rană se vindeca rana însăşi sau că tratînd cămaşa murdărită de sînge sau de puroi, se putea trata însăşi rana bolnavului. — *N.R.*

problemă nouă, aceea a vindecării rănilor provocate de armele de foc îi dă un nou avînt.

ARTA CHIRURGIEI. Chirurgia a realizat progrese în Italia, unde Tagliacozzi a fost inițiatorul chirurgiei autoplastice, iar B. Maggi a perfecționat tratamentul plăgilor, precum și în țările de limbă germană prin H. Gersdorff, F. Wirtz și W. Fabry (Fabricius Hildanus.)

În Franța, cu tot disprețul pe care Facultatea de medicină îl manifesta pentru operațiile manuale, trebuie consemnați printre inovatori Rabelais care, pentru imobilizarea fracturilor de femur, a inventat sau reinventat *glossotomul* sau *glossocomionul*, iar pentru debridarea herniilor strangulate, un *siringotom*. Dar cel mai mare înnoitor al chirurgiei franceze și mondiale a fost un bun meseriaș, pe care o pregătire rudimentară, ajutată însă de bunul-simț și de spiritul practic, l-a ferit de rătăcirile falsei erudiții: Ambroise Paré. Chirurg de campanie, el a imaginat o metodă de reperare și de extragere a proiectilelor disimulate după poziția pacientului în momentul cînd a fost atins; a pledat pentru înlocuirea fierului roșu în hemostaza operatorie, prin ligatura vasculară (tehnică descrisă, de altfel, mai înainte de autorii clasici). Paré a inaugurat procedeele de dezarticulare a cotului și, în caz de cangrenă, a membrelor, a practicat cu regularitate amputarea pînă la părțile sănătoase; a respins obiceiul barbar de a cauteriza plăgile pricinuite de archebuză cu ulei fierbinte sau cu fierul roșu. A avut însă și el secretele lui, între altele faimosul ulei de cățelușă, copilărie care i se va ierta.

Să menționăm, de asemenea, pe J. Guillemeau din Orléans și pe Pierre Franco din Turriers (Provența), chirurg ambulant, practician empiric, dar cu idei noi, care a suprimat castrarea în tehnica tratamentului herniilor; a recomandat pentru bolnavii cu calculi incizia laterală a conductelor și a prevăzut chiar viitoarea „incizie hipogastrică".

În secolul al XVI-lea, arta obsetrică a fost îmbogățită prin redescoperirea versiunii podalice (Paré), prin elaborarea tehnică a operației cezariene (Bain, Rousset) și prin studiul anomaliilor pelviene.

D. INSTITUȚIILE, MEDIUL, MEDICII DE MESERIE

MEDICUL ÎN IERARHIA SOCIALĂ. Medicina a fost mult timp adăpostită de mănăstiri, și universitățile, de altfel de tipuri diverse, vor păstra amintirea acestei origini. Dacă Universitatea din Bologna a fost și va rămîne o federație de grupări școlare laice, cea din Louvain recunoaște pentru vecie supremația starețului Colegialei sf. Petru, delegat al Sfîntului Scaun. În Franța, universitatea este, de asemenea, fiica bisericii. Diploma este conferită în numele autorității spirituale: la Paris de cancelar, canonicul catedralei Nôtre-Dame, delegat episcopal; la Montpellier, de către episcopul de Maguelone. Iată de ce medicul care se dedică activității didactice se vede răsplătit cu un beneficiu clerical, care îi asigură existența. Profesorii de la Montpellier, canonici de onoare prin grația papii Urban al V-lea, îmbină pelerina preoțească cu cea de dascăl.

Această calitate de medic-cleric comporta diverse obligaţii şi restricţii. În primul rînd, în exercitarea profesiunii lor, medicii trebuiau să se abţină de la orice intervenţie chirurgicală: *Ecclesia abhorret a sanguine*. Acest precept va stîrni încă multă vreme ostilitatea medicilor laicizaţi. Totodată, cel puţin în principiu, medicii-profesori trebuiau să renunţe la căsătorie. Pînă şi studentul, considerat a fi pe jumătate cleric, este sortit celibatului şi nu va profita decît cu întîrziere de reforma promulgată în 1452 de cardinalul d'Estouteville, care îi autoriza pe medicii-profesori să se însoare. Treptat corpul medical se emancipează însă de sub tutela bisericii. După anul 1500, Facultatea de la Paris nu mai numără din 21 de doctori decît trei clerici. Cît despre medicii nobili sau înnobilaţi, ei constituie o excepţie. Medicul practician plebeu se situează în casta superioară a stării a treia. Citadin (lăsînd medicina rurală în seama bărbierilor-chirurgi care bărbieresc şi iau sînge, vindecă luxaţiile şi fac pe vracii), el ocupă un loc printre notabilii burghezi, exercitînd o artă liberală, cu privilegiile sale şi cu superioritate faţă de chirurgi şi bărbieri, oameni care se ocupă cu un meşteşug manual ce ţine de artele mecanice.

Corpul medical a moştenit de la cler privilegiile membrilor corpului didactic. Dacă monopolul universitar este ştirbit prin crearea catedrelor de medicină la Colegiul regal din Paris, casta hipocratică păstrează în Franţa dreptul de control şi de instruire a chirurgilor, care îi sînt subordonaţi. Această prerogativă se reduce de multe ori la o luptă istovitoare şi nefastă dusă de teoreticieni prea puţin iniţiaţi în practica manuală, care-şi dispreţuiau subordonaţii, se străduiau să frîneze ascensiunea lor ştiinţifică şi socială spre a-i servi mai bine, împotrivindu-se acelora care voiau să-i ridice. Schimbul de scrisori dintre tagma sf. Cosma şi tagma sf. Luca oglindeşte mai mult o luptă procedurală decît tehnică; Facultatea de medicină dezbină pentru a stăpîni. Veleităţile de independenţă ale chirurgilor cu robă lungă, grupaţi în anul 1311 de Jehan Pitard, chirurg la sf. Ludovic, sînt compromise de defectele bărbierilor-chirurgi cu robă scurtă, patronaţi de Facultatea de medicină din Paris şi se termină în 1515 printr-o subordonare comună, dar provizorie, faţă de tirania medicilor, fără a închide porţile contestaţiilor, revendicărilor şi revoltelor care vor avea loc ulterior.

MEDIUL ŞI MORAVURILE. O altă consecinţă a organizării didactice şi sociale a epocii este nomadismul. Membrii breslei chirurgilor trebuiau să-şi facă în mod tradiţional ucenicia cutreierînd ţara. Viitorii medici aveau obligaţia să răspundă la apelul universităţilor pentru a participa la prelegerile profesorilor renumiţi sau la conferirea de grade. De fapt, nu era ceva nou. Chiar pe vremea medicinii mănăstireşti se călătorea mult de la o mănăstire la alta şi universităţile medievale asistau la un aflux al auditorilor cosmopoliţi, deşi o cultură latină comună, o amprentă scolastică comună, făceau ca ei să nu se simtă străini. La fel s-au petrecut lucrurile în secolul al XVI-lea. Oraşele Orléans, Bourges, Poitiers, Toulouse, Montpellier sînt pline de străini grupaţi sub emblemele sau steagurile „naţiunilor" lor. La rîndul lor, tinerii din familiile franceze trec munţii spre a-şi desăvîrşi studiile în Italia, ţară

care exercită o atracţie justificată. Alte curente se orientează spre Ţările de Jos şi Germania. Rinul scaldă zidurile unor şcoli vestite: cele de la Basel, Mainz, Strasbourg, Köln. Cauzele acestor peregrinări sînt de natură diferită: greutatea inegală a examenelor şi taxe de primire diferite; dispersarea centrelor de învăţămînt; instabilitatea unor profesori remarcabili; epidemiile şi războaiele care duc la închiderea unor şcoli.

Obţinerea licenţei sau a diplomei de doctorat nu este de loc o garanţie a stabilităţii. Dacă există practicieni fixaţi prin clientela urbană sau printr-un post aflat sub jurisdicţia regală, feudală sau municipală, asiduitatea nu este totdeauna pe gustul tuturor funcţionarilor. Şi mai instabili — dar din necesitate — sînt medicii şi chirurgii ataşaţi temporar pe lîngă armate, cît şi cei de pe lîngă casele regale şi princiare, de pe lîngă cardinali etc. În legătură cu aceasta trebuie să menţionăm succesul medicilor evrei, cărora pontifi ca Leon al X-lea, Clement al VII-lea, Paul al III-lea le arată o anumită bunăvoinţă.

Să menţionăm, în sfîrşit, pe strămoşii medicilor noştri coloniali, chirurgi ai marinei, care aduc cu ei în agenţiile comerciale din Orient tezaure de medicamente ascunse în cuferele lor sau se stabilesc chiar pe acele meleaguri. În 1569, B. Carneiro înfiinţează un spital la Macao.

Alături de aceşti medici siliţi să călătorească datorită obligaţiilor lor profesionale, trebuie să-i menţionăm pe numeroşii vagabonzi ai ştiinţei, veşnicii studenţi benevoli, care, dornici să-şi perfecţioneze cunoştinţele, cutreieră Europa, ca Gonthier d'Andernach, Amatus Lusitanus sau Lazar Peña, strîng ierburi în ţările Lumii Vechi sau pornesc spre ţări străine, ca Belon, care îi însoţeşte pe ambasadorii lui Francisc I la sultanul Turciei (1546—1549), sau ca Guillandino, Rauwolff şi P. Alpino, care călătoresc prin Orientul Apropiat.

CAPITOLUL V
Zoologia

A. INSPIRAȚIILE PRACTICE ALE ZOOLOGIEI

EMPIRISMUL ORGANIZAT ȘI PROGRESELE ZOOLOGIEI. În domeniul zoologiei, Renașterea preia moștenirea credințelor, observațiilor și practicilor acumulate în decursul secolelor prin experiența generată de necesități vitale. Vînătoarea nu se mai reduce la măcelărirea animalelor sau la apărarea împotriva fiarelor, deși este nevoie mereu și de acestea: atacurile lupului îi mai amenință pe oameni, iar în munți trăiesc plantigrade periculoase. Totuși vînătoarea a devenit un sport de plăcere, un privilegiu al seniorilor, scrupulos reglementat, avînd ceremonialul și literatura sa. La săgețile lansate din arc, la tăișul sabiei, la ascuțișul țepușelor, în secolul al XVI-lea se adaugă gloanțele archebuzei și ale pistolului. Locul vînătorii cu capcane și la pîndă este luat de petrecerile cinegetice, de vînătoare cu gonaci și cu șoimi.

Pescuitul, ca și vînătoarea, a evoluat și el. Libertatea de a rătăci neîngrădiți oriunde, de care dispuneau odinioară pescarii, este pierdută în apele continentale din cauza privilegiilor feudalilor locali. Pe litoral, pescuitul este liber de subordonări imediate: pe lîngă pescuitul de coastă, individual sau familial al pescarilor sedentari, apare pescuitul de grup în largul mării. Corăbierii urmăresc departe, în nord, balenele, scrumbiile, morua. Peștele proaspăt se va obține acum prin popularea lacurilor și a bazinelor, prin pescuitul fluvial sau de coastă. În ceea ce privește produsele ce urmează a fi conservate — sărate sau afumate — importurile maritime remediază stabilitatea capturilor individuale.

Sfîrșitul războiului de o sută de ani a marcat întoarcerea la pămînt. Sărăcit din pricina deprecierii veniturilor censuale fixe, în urma devalorizării progresive a monedei, nobilul, devenit soldat agricultor, se consacră „gospodăriei cîmpurilor". Fortărețele feudale încorsetate de ziduri de piatră se deschid spre largi ogoare. La sfîrșitul secolului apar conacele pe jumătate castele, pe jumătate ferme, care dispun de vaste curți cu grajduri, de saivane, stîne, crescătorii de păsări, porumbare, așa cum se mai întîlnesc încă și astăzi în Bretania sau Normandia. Din vînător, nobilul devine și crescător de vite, învață zootehnia.

Pentru puternicii acestei lumi se ridică, depășind umbra turnurilor, reședințe luxoase unde, în cadrul lărgit al parcurilor, bogăția și fastul se etalează în voie. În timp ce în grajduri rîndașii îngrijesc caii, în luxul costisitor al crescătoriilor de păsări și al menajeriilor, multe zburătoare rare

precum și animale sălbatice domesticite se zbenguiesc, satisfăcînd curiozitatea și încîntînd ochii. Menajeriile îi urmează pe regii de Valois în castelele de pe malul Loarei și-l escortează pe Henric al II-lea la St. Germain, pe Carol al IX-lea și pe Henric al III-lea la Louvre și pe Henric al IV-lea la Vincennes. Ducii de Montmorency întreţin parcuri celebre la Chantilly. Ştiinţa profită de pe urma acestor curiozităţi. Paré va avea astfel prilejul să disece un struţ.

Aceste legături directe cu lumea animală au și unele inconveniente. În afară de atacurile întîmplătoare ale unor fiare sau vietăţi veninoase, animalele domesticite constituie pentru oamenii din preajma lor un izvor de paraziţi, un pericol de turbare și de accidente. Adăugarea la raţia alimentară, redusă din timpul foametei sau al unor lungi călătorii, a produselor conservate prin sărare măreşte primejdia îmbolnăvirii de scorbut. Oamenii înfruntă aceste greutăţi, sperînd să fie recompensaţi prin alte avantaje. Cu toate că practicile medicale poartă adesea pecetea magiei sau a superstiţiilor primitive, zoologia intră în domeniul medical prin dietetică și prin unele medicaţii în care se constată deja o anticipare a organoterapiei sau opoterapiei.

Se înregistrează progrese și în alte domenii, între altele în lupta împotriva frigului. Pieile animalelor sălbatice se transformă în mîinile tăbăcarilor și ale pielarilor în cizme, hamuri, echipament militar, scurte și mantouri de hermină, blănuri de lux, care se înmulţesc și se diversifică prin dezvoltarea comunicaţiilor și prin îndrăzneala vînătorilor. Alături de importul de mătase din China, aclimatizarea dudului și crescătoriile de viermi de mătase creează o producţie locală de mătase. În locul colierelor din dinţi de urs apar colierele de perle sau de mărgele. Motive animale reale (ursul de Berna) sau fantastice sînt folosite în heraldica municipală și nobiliară sau înpodobesc faţadele, firmele, zidurile și mobilele sau figurile lui Bernard Palissay.

B. NOILE ACHIZIŢII ȘI INVENTARUL LUMII VII

DESCOPERIREA LUMII ȘI INVENTARIEREA EI. În urma călătoriilor și a descoperirilor geografice, inventarul lumii vii a crescut foarte mult. Deși nu s-a atins, bineînţeles, nivelul epocii noastre, catalogul lui Aristotel, care nu cuprindea decît 500 de tipuri de animale, a fost mult depășit. Sînt cercetate bogăţiile Europei, continent mai bine cunoscut. Olaus Magnus evocă monștri înspăimîntători ai faunei nordice, printre care faimosul *Kraken*. Sigmund von Herberstein studiază vietăţile Moscovei, Schwenckfeldt pe acelea ale Sileziei, Kentmann, lumea păsărilor de pe malurile Elbei, Turnet, zburătoarele Angliei. Pe urmele lui Leon Africanul pornesc spre Orientul Apropiat numeroși naturaliști: Prospero Alpino, Gilles d'Albi, Belon, Thevet și alţii. Gilles întîlneşte în Egipt girafa, hipopotamul, ihneumonul, iar pe malurile Mării Roșii vede chiar dugongul.

Încă în 1447, Laurenzo Diaz descoperă pe coastele Guineei pasărea calao, iar în 1519 Pigafetta, unul dintre însoţitorii lui Magellan, observă numeroşi pinguini imperiali pe ţărmul Patagoniei. Urmîndu-i pe conchistadori de o parte şi de alta a meridianului fixat prin tratatul de la Tordesillas (1493), pornesc spre ţări îndepărtate colonialiştii ibero-lusitanieni: viceregi sau guvernatori, ca Gonzalo Hernández de Oviedo; misionari, ca Lopez de Gomara şi José de Acosta, poreclit „Pliniu al Lumii Noi"; medici sau chirurgi, ca Garcia da Orta la Goa, Christoval Acosta şi Francisco Hernandez, trimişi în Noua Spania de Filip al II-lea cu titlul de medic al regelui. Ei întocmesc primele inventare ale florei şi faunei Indiilor de Vest şi de Est, care vor fi înregistrate la Sevilla de medicul Monardes. Înfruntînd oboseala, primejdiile, corsarii, briganzii, sălbaticii, fiarele pădurilor, şerpii şi caimanii, aceşti exploratori lărgesc tezaurul tradiţional. Din păcate, opera lui F. Hernandez (17 volume) este distrusă în 1671 în timpul incendiului palatului Escurial. Dar o parte a ei a fost publicată în Mexic, în 1615, iar un rezumat apare la Roma în 1628. O ediţie mai completă a fost pregătită de naturaliştii de la Academia dei Lincei şi publicată la Roma (1649—1651). Trebuiau înnoite şi completate acum compilaţiile demodate, sarcină pe care şi-o asumă Gesner, Aldrovandi sau cîţiva poligrafi *minori:* Caius, Lonicer, Imperato. În faţa lor se ridică exigenţele criticii şi problema criteriilor de clasificare, de care se va ocupa Wotton.

Critica se dovedeşte — ce-i drept — a fi deocamdată timidă în faţa unor titluri de nobleţe pe care antichitatea le-a consacrat. Deşi Sfînta Scriptură vorbeşte despre licorn, nu se cunoaşte decît cornul acestui animal, ale cărui virtuţi miraculoase sînt proslăvite; nu se ştia atunci că acest corn aparţine de fapt narvalului. El era atribuit unui patruped, asupra identităţii căruia se purtau discuţii încă de pe vremea lui Pliniu. Un alt animal menţionat de scriitori profani şi de autori ai cărţilor sfinte este bazilicul cu privirea ucigătoare, care s-ar afla în deşerturile Africii. Existenţa lui este confirmată de Aldrovandi. În schimb, acesta se îndoieşte de autenticitatea hidrei cu şapte capete prezentată în tezaurul Veneţiei. E nevoie de verva sarcastică a unui Rabelais pentru a trimite în imaginara „ţară Satin" unicornii, harpiile, păsările seleucide şi stimfalide, cît şi satirii, la care el adaugă însă, din păcate, şi cîteva fiinţe reale.

VOCABULARUL TEHNIC ŞI SISTEMATIC. Inventarierea faunei devenise o necesitate. O primă problemă era cunoaşterea măsurii în care limba curentă oferea material suficient în acest scop. Or, vocabularul tehnic trebuia creat atît în domeniul morfologic şi organografic, cît şi în ceea ce priveşte ordinea distributivă (clasificarea) şi identitatea specifică. Reluînd, fără îndoială, ideile formulate de Raymondus Lullius, care în *Ars generalis* a încercat să creeze o nomenclatură, o metodă universală de clasificare a conceptelor fundamentale, Cornelius Agrippa şi Giordano Bruno au preconizat formarea unei limbi ştiinţifice internaţionale, fără însă să aibă succes.

Vocabularul anatomic este completat cu un bagaj de împrumut din cele mai diverse domenii. Detaliile organizării corpului omenesc sînt denumite

cu ajutorul unor vocabule heteroclite greceşti, latine, greco-latine sau al unor cuvinte arabe preluate din opera lui Rhazes, Abulcasis, Avicenna, pe care le regăsim sub pana lui Rabelais în anatomia lui Quaresme-Prenant.

Acelaşi lucru se întîmplă şi în zoologia nevertebratelor, domeniu în care Schwenckfeldt foloseşte rădăcini greceşti *(uropygium)* şi termeni latini (incisurae, pinnae, pennae etc.).

Menţionăm, de altfel, că aceste cuvinte nu au devenit savante decît pentru că au fost exhumate din limbi moarte. La timpul lor, ele erau folosite şi de oameni din popor. Limba naturaliştilor din secolul al XVI-lea nu ezită nici ea să împrumute de la popor analogii grosolane sau pline de haz ale unui vocabular bogat în imagini colorate.

Cît despre vocabularul specific, sursele lui nu sînt mai puţin complexe. Oamenii de ştiinţă deplîngeau pierderea pentru totdeauna a primului catalog al regnului animal *(Facerea*, II, 20), încurcat fără îndoială — spune Rondelet — din pricina „încurcării limbilor la zidirea turnului Babel". Această pierdere este compensată prin împrumuturi din limbile ebraică, arabă, persană şi, mai ales, greacă şi latină. Din aceste cuvinte, unele nu s-au păstrat decît în limba savantă. Altele, deşi au devenit populare, au dispărut. Astfel, cuvîntul *connin* sau *connil (cuniculus)*, singurul care figurează la Olivier de Serres pentru a desemna iepurele de casă, este înlocuit de Rabelais şi R. Estienne prin *lapin*.

La vlăstarele din rădăcină mai veche se adaugă modalităţi de formare a numelor cu trimiteri bibliografice, mai puţin ca omagiu şi mai mult ca simple referinţe. Astfel, paternitatea denumirii *Chrysaëtos belonii* este conferită de Aldrovandi lui Belon. Vin apoi cuvintele din limba populară inspirate de analogii morfologice, cuvinte onomatopeice, trăsături de moravuri sau cuvinte satirice. Menţionăm bogăţia onomasticii populare mediteraneene în special în domeniul ihtiologic, în comparaţie cu sărăcia vocabularului zoologic continental.

Pentru o ştiinţă în plină îmbogăţire, prin aducerea de pe pămînturile nou descoperite de navigatori a unor specii necunoscute, împrumuturile din vechiul fond onomastic european nu mai sînt suficiente, aşa încît cuvinte exotice adesea deformate, introduse de Thévet şi recopiate mai mult sau mai puţin prost de Paré, completează lista fiinţelor cunoscute. Printre acestea se găsesc animale originare din Asia, din Mexic, din zona Caraibelor şi de pe pămînturile indienilor gurani. Toate acestea constituie o nomenclatură heteroclită, polimorfă sau amorfă, împestriţată de greşeli sau de împrumuturi abuzive şi confuzii. Gesner şi Aldrovandi vor încerca să creeze pe această bază, cu preţul unei trude uriaşe, un poliglot.

MODURILE EMPIRICE DE CLASIFICARE. 1. *Ordinea alfabetică*. Prima soluţie este simplul expedient al comodităţii alfabetice, ordinea lexicografică adoptată de *Summele* medievale ale lui Albertus Magnus şi Barthelémy Englezul.

Aşa prodează Gesner şi Aldrovandi, deşi ei mai recurg şi la alte inspiraţii, fie utilitare, fie mai sistematice[1].

2. *Empirismul utilitar.* Din punct de vedere pur subiectiv unii autori, ca Paolo Giovio, acordă întîietate valorii culinare şi simpoziace (peşti de coastă, pescărie bună de afumat, pescărie bună de sărat) sau ierarhiei, punînd animalele domesticite înaintea celor sălbatice sau de pădure, sistem care nu va fi respins nici de către Buffon.

CLASIFICAREA IDEALĂ: SCARA FIINŢELOR ŞI CRITERIILE EI. Acestor puncte de vedere empirice li se opun sistemele apriorice, construcţii speculative coerente, care pretind să exprime „ordinea păstrată în natură".

1. *Dinamismul animist.* Cea mai veche expresie a acestei organizări ideale este *scara fiinţelor*, gradaţie inspirată de ierarhia creaţiei biblice în zilele a cincea şi a şasea. Ordinea de perfecţiune merge crescînd de la lumea neînsufleţită la lumea însufleţită şi raţională, deoarece Natura tinde să creeze „ceea ce este mai perfect". O asemenea teorie estetică a mai fost formulată de pitagoreici şi de Platon; ea este completată de un finalism care foloseşte armoniile prestabilite atît prin constituţia fizică, cît şi prin simpatii şi antipatii. Această progresie redă astfel o serie funcţională progresivă deja recunoscută de Stagirit: ascensiunea spirituală a dinamismului animist aristotelic (suflet vegetativ, senzitiv şi raţional), sistem antropocentric în care unitatea de plan se afirmă prin trecerile de la un regn la altul. Pe treapta de jos se află mărgeanul, care este pentru Campanella un arbore marin „petrificat"; mai sus sînt situate zoofitele (*zoophyta* lui Filon Iudeul şi a lui Sextus Empiricus, *plantanimalia* lui Th. Gaza) care participă, după Aristotel şi Pliniu, la două naturi, aşa încît, după cum spune Belon, nu se ştie „dacă sînt plante sau animale.". Rabelais (*Pantagruel*, Cartea a III-a, VIII) le situează printre plante. Ele sînt reprezentate nu numai în lumea acvatică, dar şi pe uscat, sub forma acelui *boramet* sau *barametz*, *Agnus scythicus* din Tartaria, care are un corp de miel, dar rămîne înrădăcinat în pămînt, printr-o tijă legată de buric! În sfîrşit, o altă amintire a planului iniţial, cum spune Cesalpino: cursul ascendent al sîngelui uman de la picioare spre cap, aşa cum curge seva la plante.

2. *Criteriul umoral.* Această ordine umorală se inspiră, în linii mari, din Aristotel. Pe treapta de jos a scării se află animalele lipsite de sînge *(Exsanguia)*. Deasupra lor se găsesc animalele cu sînge roşu, marcînd dobîndirea unui grad de căldură vitală proporţional cu poziţia în ierarhia lumii organice. În ochii Stagiritului, omul, fiinţă superioară, trebuie să fie cel mai cald dintre toate animalele.

3. *Criteriul genetic.* La acest criteriu umoral de perfecţionare se adaugă criteriul genetic. Eterogenia este o caracteristică generală a animalelor inferioare. Păduchii, spune Jehan Massé, sînt procreaţi de „umorile care se găsesc în exces"; José de Acosta ne asigură că „şobolanii, broaştele, albinele

[1] Clasificarea lui Aldrovandi este studiată mai departe în amănunt de E. Guyenot (pp. 375—381).

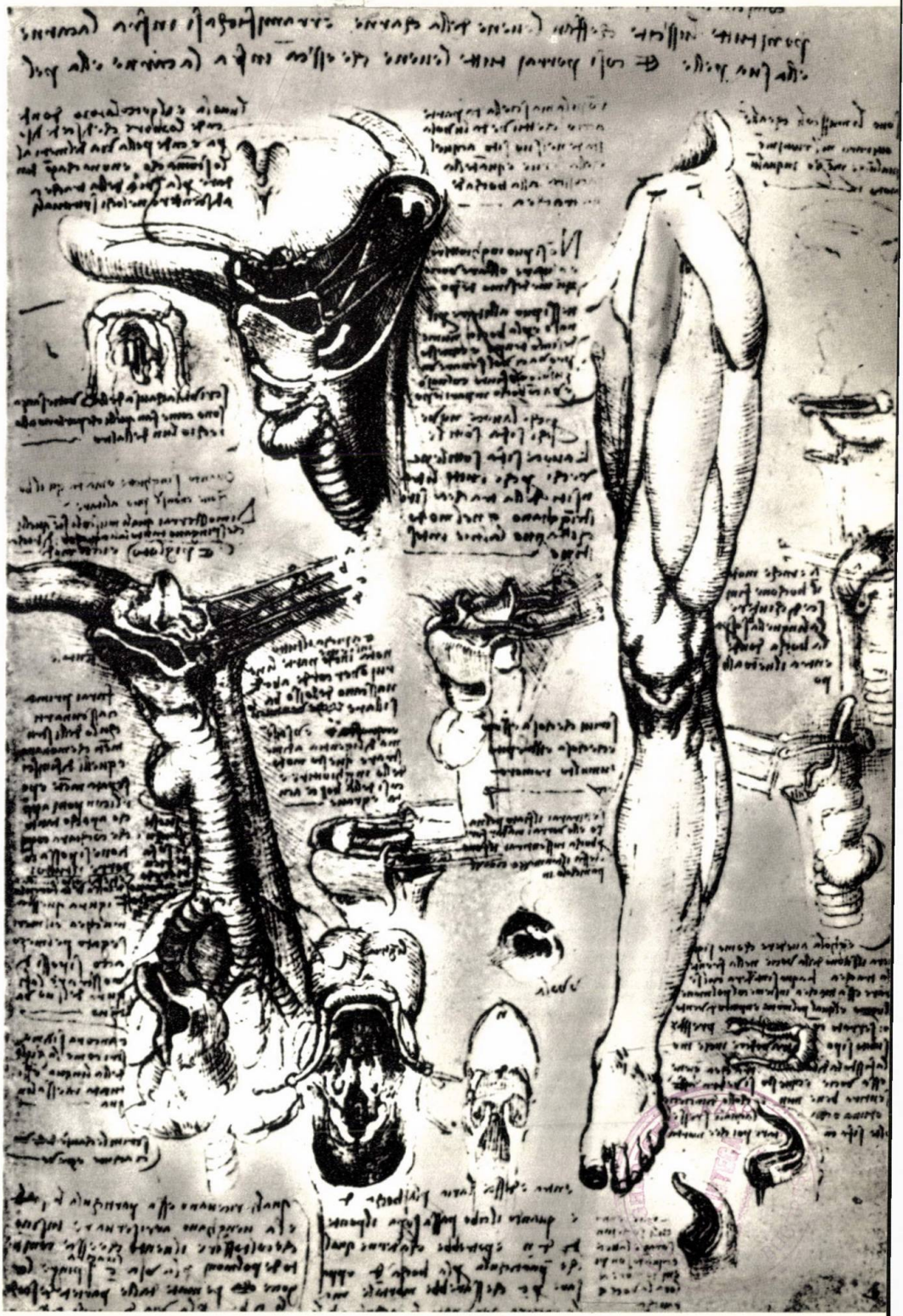
9. LABORATOR ALCHIMIC DIN SEC. XVI

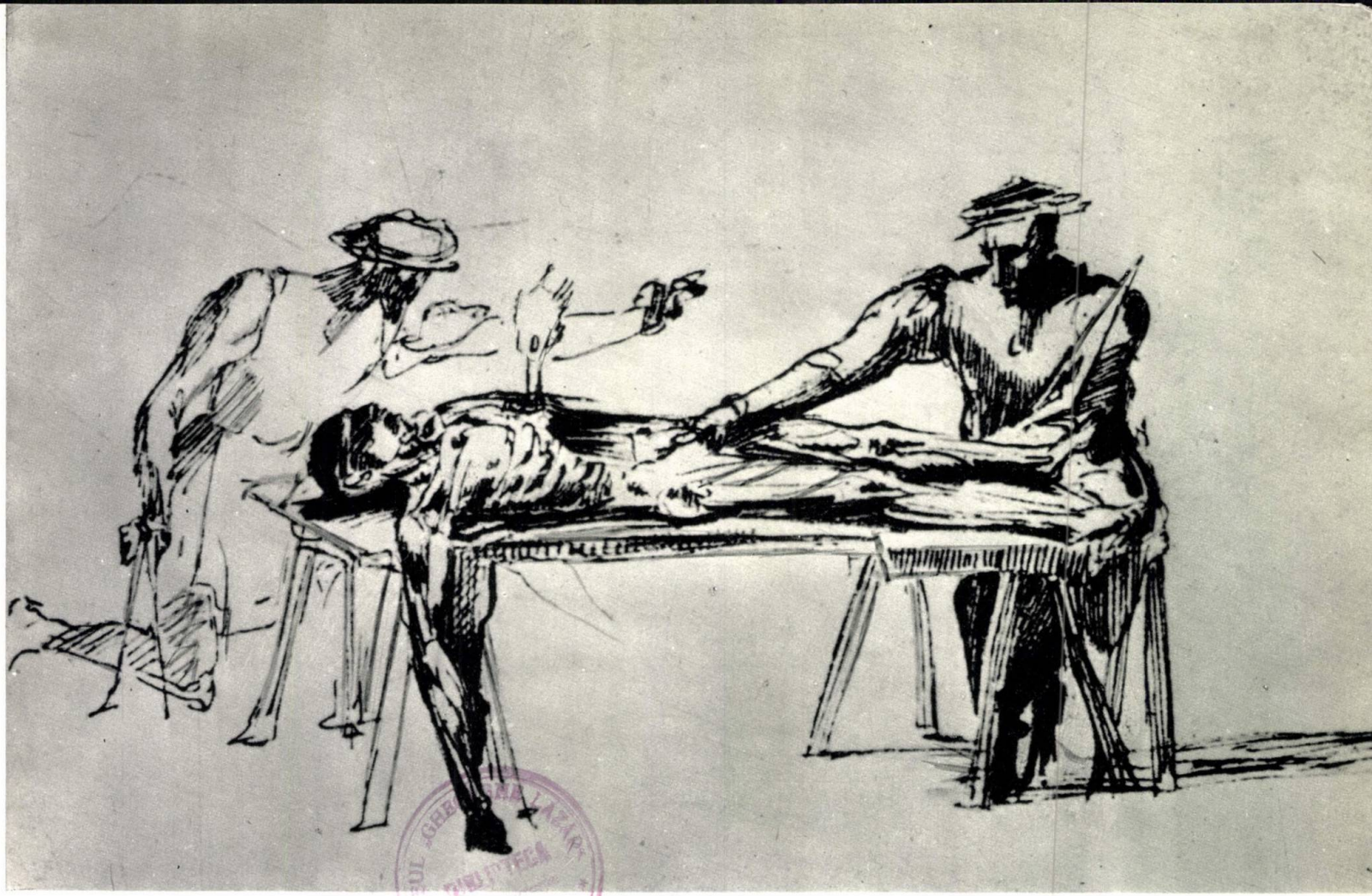
LICEUL „GHEORGHE
BIBLIOTEC
BUCUREȘT

10. PARACELSUS. PORTRET DE JAN VAN SCOREL

LICEUL "GHEORGHE ... BUCUREȘTI

11. PLANȘĂ ANATOMICĂ, DE LEONARDO DA VINCI.



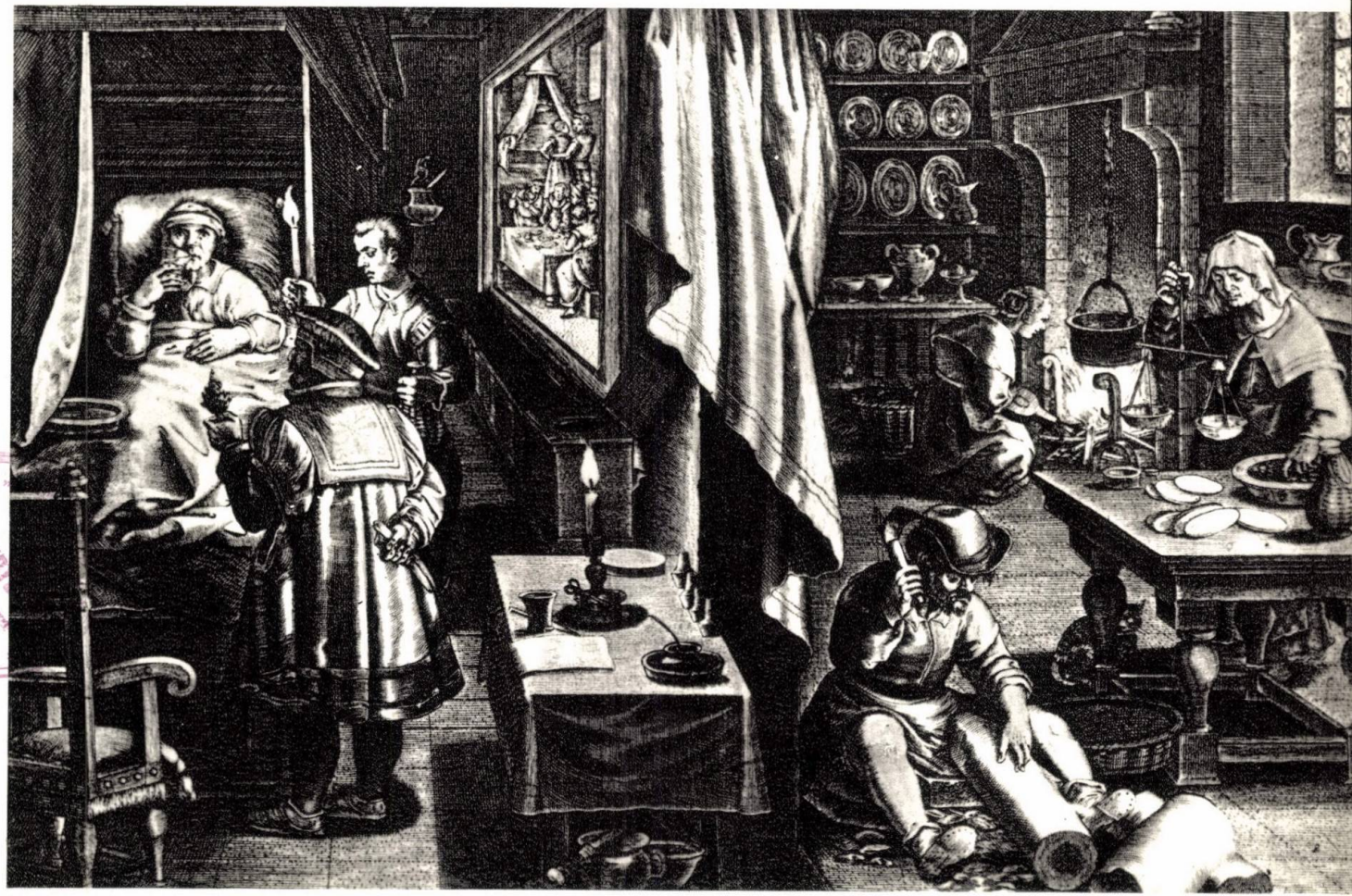


12. SCENĂ DE DISECȚIE.

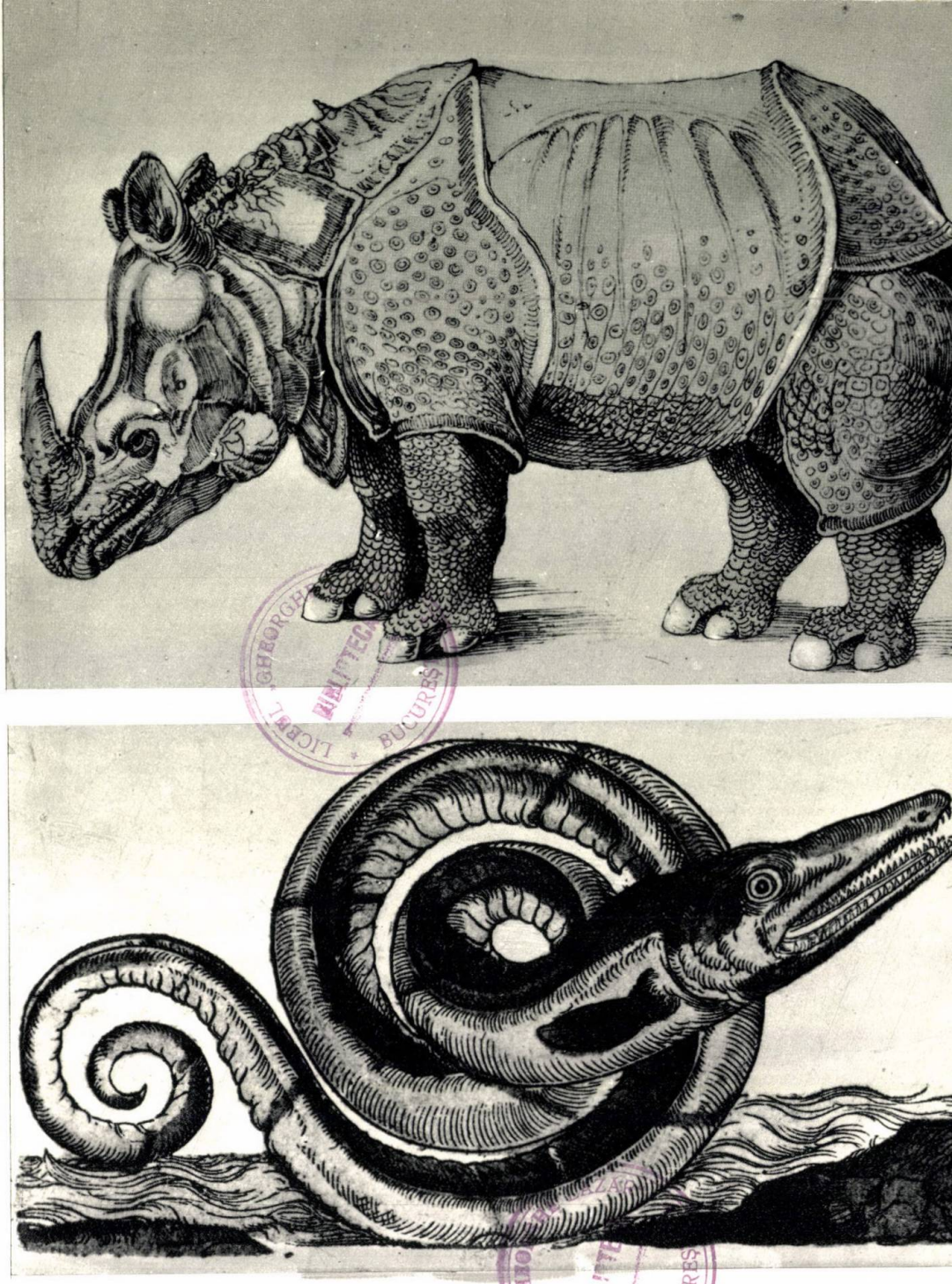
13. VESALIUS DISECÎND UN BRAȚ.

„LAZĂR"
BIBLIOTECA

15. PREPARAREA GUAIACULUI ŞI TRATAREA SIFILISULUI ÎN SEC. XVI.



LICEUL BUCUREŞTI



16, RINOCER (1) ŞI ŞARPE DE MARE (2)

şi toate celelalte animale imperfecte" se nasc din pămînt, iar Paré povesteşte cum a fost dezgropată într-o vie din Meudon o piatră cu interiorul gol, în care se afla captivă „o broască rîioasă vie", care nu s-a putut naşte decît dintr-o „umezeală intrată în putrezire". Dimpotrivă, animalele perfecte, potrivit ordinii cîrmuirii stabilite de Dumnezeu, se reproduc pe cale sexuată, la început ovipară, apoi vivipară.

Acest din urmă mod de înmulţire tinde, evident, să perpetueze specia în forma sa perfectă. Totuşi, criteriul eredităţii similare nu este absolut. Astfel, gîsca gulerată s-ar naşte dintr-o scoică în formă de arbore, pe care o găsim reprezentată la Aldrovandi. Aşa cum Pliniu considera cucul drept o mutaţie a eretelui, Belon nu ezită să-l încadreze printre păsările răpitoare. Paré nu respinge de loc posibilitatea unor încrucişări contrare naturii, dar fecunde, care generează fiinţe complexe. Acestea sînt încă excepţii şi orice libertate s-ar lua în ceea ce priveşte scara fiinţelor, în cele din urmă ne regăsim în cadrul ei. Liliacul şi struţul nu marchează ele oare în sens invers trecerea de la fauna zburătoare la cea alergătoare? Unitatea planului morfologic al fiinţelor este oare revelată de analogiile scheletice dintre om şi pasăre demonstrate de Belon? Leonardo da Vinci, Paré şi Volcher Coiter au semnalat analogii de acelaşi gen între zburătoare, cal şi maimuţă. Este oare cazul să-l considerăm pe Belon precursor al anatomiei comparate? Sau să ne limităm să omagiem intuiţia lui şi reluarea metodei comparative deja preconizate de Aristotel? Căci această scară animală pe care o vrem unică va fi împărţită în cel puţin patru tronsoane abia de către Cuvier.

La aceste analogii se asociază criterii de ordin funcţional (înotătoare, tîrîtoare, alergătoare, zburătoare) şi ecologic (faună acvatică, subterană, de uscat şi aeriană), ce-i drept cu unele cazuri neprevăzute, inerente unui mod de clasificare artificială. În rîndul peştilor *(Aquatilia)* se încadrează tot ce vieţuieşte în apă: crustacee, moluşte, viermi, crabi, broaşte, cetacee, foci, hipopotami, şobolani de apă, castori. Această clasificare este consfinţită şi de către biserică, care îngăduie în timpul postului consumarea cărnii de castor, cît şi a unor peşti. Printre reptile se numără tot ce se tîrăşte, ceea ce îi permite lui Schwenckfeldt să situeze melcul alături de viperă. Lonicer introduce printre zburătoare cocoşul, coţofana, viespea, albina, musca, iar Belon şi Aldrovandi încadrează liliacul printre păsările răpitoare „care zboară noaptea".

4. *Clasificarea pozitivă şi modalităţile ei.* La planul general se adaugă subdiviziuni de ordin mai concret care tind, cel puţin în amănunt, să-i corecteze lipsurile. Astfel, la Wotton, învăţat din Oxford, care a încercat să elaboreze o metodologie mai precisă, şi la Belon se manifestă o întoarcere lăudabilă la tradiţia aristotelică bazată pe anatomie şi embriologie.

Unele caractere superficiale au sugerat uneori clasificări bazate pe particularităţile tegumentelor (peşti moi, netezi, spinoşi, acoperiţi de crustă sau de un ţest dur). În alte cazuri se folosesc criterii prea exclusive, de pildă, clasificarea rumegătoarelor după coarne (Emiliano). Uneori se adoptă criterii mai fundate: natura scheletului (peşti cartilaginoşi, osoşi), configuraţia membrelor (patrupede, solipede, paricopitate, digitate, apoi animale răpitoare cu gheare, picioroange, palmipede). Primele cunoştinţe serioase despre anatomia unui pahi-

derm, de altfel cunoscut din antichitate, le datorăm lui Gilles d'Albi, care a avut posibilitatea să disece cadavrul unui elefant tînăr destinat lui Henric al II-lea. Belon este primul care a făcut distincția dintre două specii marine de prin părțile Franței: delfinul comun sau „ciocul de gîscă" (*Delphinus delphis* L) și marsuinul (*Phocaena communis* Less), deși pescarii le pescuiau de multă vreme. Nu-i vom lua în nume de rău faptul că el înglobează în clasa peștilor pinipedele și cetaceele, deoarece argumentele sale par foarte precise.

TERMENUL FINAL: DIAGNOSTICUL ȘI CONCEPTUL SPECIFIC. Era necesar ca o clasificare adevărată, rezumînd concepția ideală a universului și realizînd raporturile ascunse dintre vizibil și invizibil, să treacă de la abstract la concret, de la categoria speculativă la diagnosticul realului. Gesner reușește să subordoneze criteriul său artificial, alfabetic, grupării naturale destul de bine constituite a ceea ce Stagiritul numea deja Γενη (familie sau genuri) și ετδη (specii).

Dar vechile certuri medievale asupra universaliilor se potoliseră. La fel ca la Aristotel, aceste noțiuni nu sînt încă legate la naturaliștii din secolul al XVI-lea de criterii empirice determinate și constante. Dacă uneori vedem asociindu-se într-o expresie de formă genero-specifică doi termeni neasemănători, este o întîmplare sau o excepție. Glosologia rămîne variabilă, eterogenă și poliformă, cîteodată uni-, bi- sau trinominală, redusă uneori la vagi epitete distinctive (*alter* sau *altera*, *mas* sau *foemina*, *major* sau *minor*). Alteori se recurge la fraze descriptive lungi sau se pornește de la inspirații multiple. Nu este vorba de un sistem, și ar fi zadarnic să încercăm să-l prezentăm pe Belon drept un precursor al nomenclaturii binare.

C. ZOOLOGIA ILUSTRATĂ

PROCEDEELE ȘI ARTIȘTII. Arta și-a oferit în mod firesc sprijinul popularizării științei. Ne vom referi, pe de o parte, la desenele de mînă ale lui Albrecht Dürer și ale lui Leonardo da Vinci și, pe de altă parte, la o serie de procedee grafice: blocurile xilografice, cunoscute deja în 1350 la Basel, unde erau folosite pentru marcarea stofelor, iar mai tîrziu transpuse în domeniul tipografic, apoi calcografia, sau gravura cu acul pe plăci de cupru. Primele tentative ale acestui fel de a grava provin, pare-se, din Bourgogne și se datoresc unor meșteri aurari. Ele apar după 1450 în Franța, Germania și Italia. Apar în primele ierbare gravuri în lemn (*Herbarium Apulei*, Roma, 1481). Cît despre calcografii, deși Thévet afirmă că el le-ar fi adus cel dintîi la Paris, introducîndu-le în lucrarea sa *Hommes illustres*, găsim exemple mai vechi în Germania și în Țările de Jos.

Gravuri de acest fel apar pe foi volante, în albume sau culegeri de planșe, *Portraits d'oyseaux, animaux, serpens* de Belon (Paris, Cavellat, 1557), *Avium vivae icones* de Adriaan Collaërt, *Icones animalium quadrupedem... et avium omnium* de Gesner (Zürich, 1560), *Venatus et aucupium* de Lonicer (Frank-

furt, 1582), *Humani corporis tabulae* de V. Coiter (1573). Se întîlnesc, în sfîrşit, ilustraţii sau vignete în text: litere ornamentale realizate de Dürer sau Holbein cu acul de gravat, avînd trăsături precise, puţin cam reci, sau figuri de o valoare foarte variabilă, în text sau în afara lui.

Artiştii aparţin celor mai diverse naţionalităţi. Din tipografia lui Plantin din Anvers provin ilustraţiile lui van der Borcht pentru *Coloquios* de Garcia da Orta, gravate de A. Nicolai, care a ilustrat şi primele ediţii pariziene ale *Observaţiilor* lui Belon şi ale lucrării *Exoticorum libri* de Clusius, în care au fost reprezentate animale pînă atunci necunoscute. Vom menţiona, de asemenea, planşele cu mamifere şi păsări ale lui Abraham Bloemart, gravate de Bl. Bolswert, cît şi planşele lui Collaërt. *Cartea patrupedelor* de Michel Herr (1546) conţine 64 de gravuri în lemn, nesemnate, reprezentînd destul de fidel mamiferele din Europa şi cîteva specii exotice. Cîteva gravuri în lemn pe care le găsim în *Singularitéz de la France antarctique* de Thévet se datorează gravorului din Lorena, Cl. Woeiriot, care a gravat totodată şi cîteva desene ale parizianului P. Goudet (Gourdelle) pentru cartea *De la nature des oyseaux* de Belon.

Dinastii de artişti înfloresc dincolo de Rin. Prima imagine a girafei, reprodusă de Thèvet, a fost desenată de Erhard Rewich, care în secolul al XV-lea a făcut o călătorie în Palestina. Alţi pictori animalieri sînt cei doi Hoefnagel, Jost Amman, care a făcut ilustraţiile pentru *Thierbuch* de Jan Bocksberger şi Albrecht Dürer, care a lăsat numeroase desene, dintre care cel mai celebru, datînd din anul 1515, reprezintă rinocerul oferit papii Leon al X-lea de către regele Manuel al Portugaliei. În sfîrşit, ediţia latină din 1556 şi cea germană din 1557 a lucrării lui Agricola *De re metallica* este împodobită cu gravuri în lemn executate de Hans Manuel Deutsch.

În Elveţia, Gesner a recurs la serviciile compatrioţilor din Zürich, Hans Asper, Johann Thomann, iar pentru păsări la Lucas Schroen (Schan).

În Italia, Salviani a angajat pentru doi ani pe Bernadus Aretinus şi pe alţi cîţiva artişti. Aldrovandi a folosit ca desenator pe Cornelius Swint din Frankfurt, pe Lorenzo Bernini din Florenţa, iar ca gravori, pe C. Coriolanus şi pe nepotul său, amîndoi din Nürnberg. Un grafician originar din Peninsula Italică, Giorgio Reverdy, va desena *Peştii* pentru Rondelet, în timp ce Belon va împrumuta de la Daniele Barbaro, ambasador al Veneţiei la Londra, cîteva figuri de peşti din „mările Adriatică, Mediterană, Egee şi Pontică" executate de pictorul acestuia, Plinio.

VALOAREA INEGALĂ A ILUSTRAŢIILOR. Valoarea documentară a acestor figuri este cu totul inegală. Există numeroase clişee anonime de duzină care, prin împrumut sau plagiat, trec de la o lucrare la alta (vezi lucrarea *Monştri* de Paré). În afară de aceasta, multe ilustraţii sînt tendenţioase, deformate prin vechea tradiţie artistică, cum ar fi figura delfinului, alteori, printr-o inconştientă sugestie onomastică sau legendară, ca amfisbenul lui Lonicer. În sfîrşit, există unele figuri greşite.

Cu toate că pescarii basci vînau balenele cu harponul, J. von Cube le reprezintă ca pe nişte sirene cu sîni, iar chiar Gesner le va atribui un număr mare de colţi ameninţători. Belon ia fanoanele balenelor (folosite de femeile franceze

bogate pentru toaletele lor) drept peri din sprîncenele acestor cetacee. Şi mai interesantă este figura „monstrului marin cu chip de călugăr" menţionat şi de Albertus Magnus şi de J. von Cube, şi al cărui portret i-a fost oferit lui Rondelet de regina Margareta de Navarra. Portretul este atît de bine aranjat pentru a justifica caracterizarea, încît distingem succesiv în trăsăturile lui un monstru artificial, o focă cu pîntecele alb, o focă cu capişon şi resturile unui cefalopod gigant.

Vignetele lui Lonicer intercalate în text sînt de calitate proastă şi mult prea mici. Desenele lui Rondelet, deşi mediocre ca şi acelea ale lui Belon, sînt în general executate minuţios, pe cînd cele 99 de planşe gravate de Salviani, cu toate că sînt foarte frumoase, nu ţin seama decît cu aproximaţie de numărul oaselor, al înotătoarelor etc. Sînt de asemenea mediocre, dar conştiincios executate, figurile lui Gesner, în special destul de bine reprezentate unele nevertebrate marine. Gravurile lui Michel Herr, menţionate mai înainte, sînt de asemenea destul de bune. Opere de artă excelente se găsesc doar în anatomia umană: planşe foarte frumoase care reprezintă schelete sprijinite pe coate avînd poziţia unor gropari căzuţi pe gînduri, executate de van Calcar pentru Vesarius.

Vom aminti, în încheiere, contribuţia iconografică realizată prin explorarea Lumii Vechi în *Coloquios* de Garcia da Orta, dar mai ales prin descoperirea „pămînturilor noi". Găsim astfel o figură de tatu sau de „arici de Brazilia" la Belon, precum şi alte animale, ale căror siluete mai mult sau mai puţin exacte au fost schiţate de Clusius şi de spanioli. Trebuie combătută însă părerea că înmulţirea numărului de ilustraţii a contribuit la o descriere mai apropiată de realitate a unor animale în comparaţie cu portretele pur livreşti din operele scriitorilor antici.

CAPITOLUL VI
Botanica

Descoperirea tiparului cu litere mobile pe la mijlocul secolului al XV-lea marchează începutul botanicii moderne. Renașterea interesului pentru botanică nu are la început nimic original. Apar dintr-o dată o mulțime de lucrări: atlasuri, denumite „ierbare", cum ar fi *Herbarium Apulei* (Roma, 1481), *Herbarius zu Deutsch* (Peter Schöfer, 1485), *Ortus sanitatis* (1491), *Arbolayre* (Paris, 1495), *Grand Herbier en françois* (1526) etc. Ele se bucură de un mare succes, deși nu sînt decît compilații pentru uz practic, instrumente pentru deteminarea „simplelor" (plantelor medicinale). Ilustrațiile pe care le cuprind au valoare de ornament și sînt făcute cu cea mai mare fantezie. E vorba de o viguroasă revenire la antichitatea greco-latină.

Începînd cu secolul al XVI-lea, studiul plantelor tinde să se elibereze de povara tradiției și să se afirme prin sine și pentru sine. Savanții încep să prospecteze natura; începe era marilor călătorii și a călătorilor naturaliști. Desigur, multă vreme vor mai fi traduși și comentați Dioscoride sau Pliniu[1] dar paralel se conturează și nu vor înceta să se dezvolte marile trăsături ale cercetării directe, precise și trasmisibile. Botaniștii se ocupă — și aceasta este o activitate cu totul nouă — cu uscarea plantelor și strîngerea lor în ierbare, ca acela

[1] Textul grecesc al lucrărilor lui Teofrast *Historia plantarum* și *De Causis plantarum* a fost inclus în vol. IV al ediției princeps a operelor lui Aristotel (Veneția, 1497) și reeditat în 1541. Traducerea latină, al cărei autor este Theodore de Gaza, a fost editată în anul 1483 și reeditată în mai multe rînduri în secolul al XV-lea. Principalii comentatori ai acestor lucrări au fost Ruel, Gesner, Cesalpino și Zalužansky.

Comentariile lui Discoride[2] au fost editate pentru prima oară în limba latină în 1478, iar în limba greacă în 1499. Spre sfîrșitul secolului al XVI-lea, lucrarea a apărut în șase ediții grecești, opt latine (dintre care cea mai cunoscută este cea a lui Mattioli, în 1554, retipărită cu mari gravuri în lemn în 1565), trei traduceri italiene, trei traduceri franceze etc.

Istoria naturală a lui Pliniu, imprimată în 1469, a cunoscut nu mai puțin de 18 ediții incunabule (15 latine și trei italiene). În secolul al XVI-lea au apărut 50 de ediții latine, iar în franceză cartea nu a fost tradusă decît în 1562, iar în engleză, în 1601. Au apărut însă foarte multe comentarii în diferite limbi. — *N.A.*

[2] Pedanius Dioscorides, care a trăit în secolul I al e.n., a scris 5 cărți despre *De materia medica*. Între numirile de plante medicinale a dat și vreo 70 de sinonime dacice, unele din puținele monumente lingvistice ale limbii dacice. Între aceste numiri cîteva se mențin neschimbate pînă azi: *olma* (ulm), *drocila* (dracilă), *edera*, *sfecla*. — *C.M.*

al lui Luca Ghini, astăzi pierdut, ca acela al elevului său Gerardo Cibo, realizat între 1532 și 1540 și păstrat la Biblioteca Angelica din Roma, sau ca ierbarul chirurgului lyonez Girault, alcătuit prin 1558 și care se află la Muséum din Paris.

Tot în secolul al XVI-lea se dezvoltă iconografia botanică. Începutul îl face în 1530 celebra lucrare *Herbarum vivae eicones* a lui Otto Brunfels (1489—1534), lucrare în care abundă figuri admirabile și cît se poate de fidele, datorate talentului lui Hans Weiditz. Tot atît de bune sau aproape tot atît de bune sînt figurile din cărțile lui Fuchs (*De historia stirpium*, 1542; *New Kreüterbuch*, 1543), cît și din lucrările altor autori: Gesner, Bock, Mattioli, Écluse sau chiar Dalechamps etc.

Renașterea, care i-a dat pe Dürer și pe Leonardo da Vinci, ei înșiși desenatori ocazionali de plante, s-a afirmat și în acest domeniu cu strălucire.

Se afirmă, de asemenea, arta (sau știința) descrierii. Foarte curînd autori ca Valerius Cordus (1515—1544) sau Charles de l'Écluse (1526—1609) ating adevărate culmi. Cordus, mort la 29 de ani, ne-a lăsat o *Historia plantarum* care se ocupă de cinci sute de specii, dintre care 66 noi. Plantele sînt studiate de cele mai multe ori pe viu, în natură sau în cultură, iar descrierile, în care sînt folosite verbe active (W.T. Stern, 1966), impresionează ele însele prin caracterul lor viu.

O dată cu Fuchs și Dodoens, în ierbarele publicate se introduc glosare. Din acest moment limbajul tehnic, încă foarte rudimentar, se va dezvolta în raport cu nevoile și evoluția cunoașterii, pentru a atinge la Jung (1678) un nivel considerat fundamental.

Identificarea și descrierea plantelor cunoscute sau necunoscute, făcîndu-se abstracție de proprietățile lor, clasificarea lor după criteriile obiective — iată scopul urmărit și trăsătura originală care marchează Renașterea. Se manifestă în acest domeniu, după cum vom vedea, două tendințe distincte.

CLASIFICAREA ȘI INVENTARUL SPECIILOR VEGETALE. În secolul al XVI-lea, științele naturii, și în special botanica, au fost dominate de un geniu puternic, un tip de „savant universal", caracteristic Renașterii, Conrad Gesner din Zürich (1516—1565). El a cercetat Alpii, Italia, Franța și a avut legături cu numeroși corespondenți din diferite țări, începînd cu Anglia pînă la Polonia, care-i trimiteau material. În cursul vieții sale el a descris și a desenat sau a pus să fie desenate pe viu sau pe modele uscate sute de plante noi, mai ales plante de munte *(Eryngium, Rhododendron)*. Gesner a intuit noțiunile de gen și specie. Se știe, de asemenea, din corespondența sa, că el și-a propus să așeze temeliile unei clasificări naturale și că a pretins că a izbutit s-o facă după caracterele florii și ale fructului. Prin această pretenție, luată nu numai în sine, ci în ceea ce are ea deliberat, el a marcat adevăratul început al botanicii sistematice moderne. Aceeași poziție o vor avea F. Colonna (1616) și marii taxonomiști de la sfîrșitul secolului al XVII-lea. Din păcate, Gesner nu a publicat decît un *Catalogus plantarum* (1542). Marea sa lucrare botanică, care trebuia să constituie analogul faimoasei sale *Historia animalium*, a rămas neterminată și needitată pînă la

sfîrșitul secolului al XVIII-lea. Nu știm ce influență a exercitat el prin învățătura sa în cursul vieții sale.

Dacă este adevărat că nu descoperim nici o încercare de a grupa speciile la o serie de mari contemporani ai săi, ca Otto Brunfels sau Leonhard Fuchs (1501—1566)[3], această tendință apare totuși la Jerome Bock (Tragus) (1498—1554), elev al lui Fuchs, sau la Rembert Dodoens (Dodonaeus) (1518—1585). Ea se va accentua chiar la acesta din urmă, între *Cruydt-Boek* din 1554, „ierbar" publicat în limba flamandă și tradus în limba franceză de către L'Écluse (1557), și *Stirpium historiae pemptades sex sive libri XXX* (1583), lucrare excelentă și în multe privințe deja modernă, în care plantele mai sînt înșirate după proprietățile lor, dar alcătuiesc totuși în fiecare carte ansambluri care tind spre omogenitate: cucurbitacee, crucifere, umbelifere. Originar din Malines, Dodoens și-a făcut studiile la Louvain și la universitățile din Germania și Italia. Fiind un colaborator asiduu al unor botaniști ca L'Écluse, Lobel, el și-a publicat ierbarul la îndemnul lui Cristopher Plantin, savant tipograf și mare prieten al botanicii.

Editarea în 1552 la Kyber a lucrării lui J. Bock *De stirpium, maxime earum, quae in Germania nostra nascuntur... Commentariorum libri tres, etc.*, prefațată de Gesner, este un fel de act de naștere neașteptat și încă destul de nesigur al primelor grupări: labiatele, leguminoasele, gramineele, umbeliferele. Oricum ar fi, mișcarea a început. Ea se va dezvolta și se va consolida cu repeziciune, mai ales o dată cu lucrarea lui Pierre Pena și Matthias de Lobel (Lobelius): *Stirpium adversaria nova*, 1570). Grupurile monocotiledonate și dicotiledonate, cruciferele, cariofilaceele, labiatele, umbeliferele, leguminoasele încep, într-adevăr, să capete trăsăturile lor; ele nu sînt denumite în această lucrare, dar ideea cercetării afinităților ca bază a clasificării se precizează clar. În 1576, Lobel completează această lucrare printr-o publicație și mai importantă: *Plantarum seu stirpium historia* cu 1486 de figuri parțial inedite. El și-a completat lucrarea la îndemnul lui Cristopher Plantin și a publicat în 1581 o traducere însoțită de un indice în șapte limbi, de un album cu 2491 de figuri și cu indicarea tuturor referirilor anterioare la diversele specii. Această traducere a constituit un instrument de lucru deosebit de comod, la care Linné se referă adeseori.

Am ajuns, în felul acesta, la Andrea Cesalpino sau Caesalpinus (1519—1603), autorul unei lucrări care a făcut epocă: *De plantis libri XVI* (1583). Începînd cu Cesalpino și după exemplul lui, botanica sistematică se va angaja, în mod conștient, în marea mișcare care o va defini ca știință și care va evolua pînă în zilele noastre. Pentru prima dată s-a propus un sistem bazat pe analiza tuturor părților plantelor, în special floarea, fructul și mai ales sămînța. Procesul analitic urmează de pe atunci calea pe care și-o va însuși Tournefort un

[3] Fuchs, medic care a practicat la München și mai tîrziu la Ingolstadt și la Tübingen, cercetează peste 500 plante noi, în special medicinale, enumerînd „numele, forma, locul, temperamentul, virtuțile" lor, dar înșirîndu-le fără nici o ordine. Cărțuliile sale, foarte ușor de mînuit, au contribuit mult la răspîndirea gustului pentru botanică. — *N.A.*

secol mai tîrziu: el se referă la numărul, la poziţia relativă a părţilor, la forma lor şi în mod special la ovarul inferior.

Deşi fervent adept al lui Aristotel, Cesalpino n-a făcut o clasificare care nesocoteşte inducţia şi în general s-a exagerat folosirea de către el a principiilor apriorice (Bremekamp, 1952), de care el pretinde că s-a ţinut. În realitate, acestea sînt într-o măsură mai mică o călăuză decît o încercare de justificare teoretică făcută aposteriori.

Împărţirea plantelor în lemnoase, pe de o parte, şi erbacee şi subfrutescente, pe de altă parte, a fost, fără îndoială, o concesie, reluată de altfel într-o anumită măsură de unii autori moderni, făcută lui Teofrast. De asemenea, cu tot interesul pe care-l manifestă pentru sămînţă, el n-a fost în stare să vadă marea diviziune în monocotiledonate şi dicotiledonate. Totuşi importanţa taxonomică dată structurilor reproducerii a marcat un mare pas înainte. Ea a rezultat dintr-o analiză profundă şi din recunoaşterea semnificaţiei reale a caracterelor cercetate, mai mult decît din convingerea că funcţia de reproducere are o însemnătate superioară. În pofida principiilor filozofice desuete, pe care le invocă, Cesalpino a pus bazele metodei pe care o vor relua Tournefort şi A.-L. de Jussieu şi care implică subordonarea caracterelor.

Vines a subliniat, pe bună dreptate, că au existat două tendinţe în botanica din secolul al XVI-lea. Cea despre care am vorbit mai sus şi care conţine izvorul ştiinţei noastre moderne, dar şi cea deosebit de importantă a botaniştilor care au cules şi au descris ierburi, fiind mai puţin preocupaţi de cercetarea cadrului şi criteriilor de clasificare decît de sarcinile mai imediate ale descrierii. Această mişcare a avut şi ea reprezentanţi eminenţi ca Brunfels, Fuchs şi Cordus, de care am mai vorbit.

Unul dintre cei mai iluştri autori de lucrări de botanică descriptivă din acea epocă a fost Charles de L'Écluse sau Clusius (1526—1609), originar din Arras. El şi-a făcut o parte din studii la Montpellier, unde a fost secretar al lui Rondelet. Printre elevii săi se numără cei mai eruditi botanişti ai epocii: Bauhin, de Lobel, Pena etc. Montpellier a fost timp de mai multe secole ceea ce rămîne şi astăzi: un centru deosebit de important al cercetărilor de botanică. De L'Écluse a colecţionat plante din principalele ţări ale Europei înainte de a deveni conducătorul grădinilor împăratului Maximilian al II-lea din Viena, apoi profesor la Leiden. El a lăsat un mare număr de lucrări, printre care *Rariorum plantarum historia* (1601), în care descrie şi reproduce vreo 1585 de plante, clasificate în arbori şi arbuşti, plante cu bulbi, cu flori, cu miros plăcut, fără miros sau cu miros neplăcut, plante veninoase, narcotice şi caustice, lăptoase, umbelifere, ferigi, graminee şi leguminoase. Dacă clasificarea lui L'Écluse lasă mult de dorit, în schimb descrierile lui, foarte ştiinţifice, dovedesc un spirit de observaţie pătrunzător şi original. Lui îi datorăm şi descrierea cîtorva ciuperci, pe care el le-a clasificat în *esculenti*, *noxii* şi *pernicioşi*.

El a fost unul dintre primii care a cultivat şi a studiat tuberculii de cartofi, importaţi din partea nordică a Anzilor, unde ei au fost observaţi de europeni încă în 1537 şi aduşi în Europa în 1570. Această plantă a fost cercetată şi prezentată pentru prima dată în Europa în lucrările lui G. Bauhin (1596) şi ale lui J. Gerard (1597).

În aceeași epocă, doi botaniști din Basel, frații Bauhin, Jean (1541—1612) și mai ales Gaspard (1550—1634), fii ai unui medic din America, au lăsat o operă capitală. Jean, care îl avea ca profesor pe L. Fuchs, a devenit medicul ducelui de Würtemberg. Stabilindu-se la Montbéliard, el a strîns material pentru cele două lucrări care aveau să fie publicate după moartea lui: *Historia plantarum prodomus* (1619) și *Historia universalis plantarum* (1650—1661). Aceasta din urmă, împărțită în 40 de cărți, este ilustrată cu 3426 de figuri împrumutate în parte de la Fuchs și cuprinde descrierea a 5226 de plante. De fapt este o amplă compilație făcută pe baza a tot ceea ce s-a scris despre plante începînd din antichitate. J. Bauhin, care a purtat corespondență cu majoritatea botaniștilor epocii sale, a publicat în 1594 scrisorile pe care le-a schimbat cu Gesner.

Mult mai vastă este opera lui Gaspard Bauhin. În *Phytopinax* (1596) el citează 2700 de specii de plante cu varietățile lor, între altele cartoful, pe care-l descrie corect, dîndu-i numele pe care îl poartă și astăzi: *Solanum tuberosum* (el mai adăuga *esculentum*). Dar gloria sa a fost consacrată mai ales prin lucrarea *Pinax theatri botanici* (1623).

Opera unui legislator care va avea cea mai mare influență asupra lui Tournefort și Linné, această carte relevă o preocupare pentru cunoaștere și mai ales pentru explicație, nemaicunoscută pînă atunci; Bauhin desemnează fiecare plantă — înșirînd în total 6000 — printr-un substantiv latin care corespunde la ceea ce va fi denumit cu șaptezeci de ani mai tîrziu gen, urmat de două-trei adjective indicînd specia. Se conturează astfel nomenclatura binară pe care o va adopta Linné. Afară de aceasta, el menționează pentru fiecare specie denumirile care-i fuseseră date anterior. Singurul cusur care umbrește meritele sale este faptul că clasificarea lui nu marchează — ca să nu spunem mai mult — nici un progres față de cea a lui Cesalpino, mai veche cu o jumătate de secol.

Am putea de asemenea cita, printre autorii francezi, pe Richer de Belleval (1564—1632), J. Dalechamps (1513—1588), Jean Ruel (1479—1537) etc. Primul a pus să se graveze în cupru peste cinci sute de planșe reprezentînd plantele din Pirinei, Alpi sau Cevennes, dintre care multe specii noi. Din păcate, planșele au rămas netipărite și numai unele gravuri au servit lui Gilibert în lucrarea sa *Démonstrations de botanique* (1789). Dalechamps a fost la început un comentator al lui Pliniu. Practicînd medicina la Lyon, el a putut să culeagă plante într-o regiune foarte bogată în specii vegetale. A pus să se graveze desene ale plantelor pe care le-a primit de la Lobel, L'Écluse și alții. Împreună cu J. Desmoulins a publicat, în 1587, o *Historia generalis plantarum* ilustrată cu 2731 gravuri în lemn. Dezordinea în care sînt înșirate arată cît de mult se simțea nevoia unei clasificări. Mai mult, aceeași specie figurează în această carte uneori sub două sau trei aspecte diferite. Ruel, decan al Facultății de medicină de la Paris, a publicat, în 1536, lucrarea *De natura stirpium — libri tres*, o adevărată sinteză a cunoștințelor botanice din acea epocă.

Trebuie, de asemenea, semnalate cîteva lucrări de mai mică importanță. Vasta compilație a lui Ulisse Aldrovandi conține, între altele, o *Dendrologie*. J. Duchoul și Adam Lonicer au publicat cîteva tratate, în parte originale. Botanistul german Th. Tabernaemontanus (Bergzabern), discipol al

lui Bock, a descris, în 1590, în lucrarea sa *Eicones plantarum*, 5800 de specii însoțite de 2480 de figuri, preluate din diverse lucrări pe care nu le citează. Această lucrare, reeditată în 1687, a contribuit mult la progresul botanicii.

Cataloage sistematice ale tuturor plantelor dintr-o anumită țară aveau să apară abia în secolul al XVII-lea. În perioada de care ne ocupăm, în afară de lucrările botaniștilor exploratori care vor fi citați mai jos, nu există decît puține publicații care merită denumirea de „Flore". Lucrările lui Fuchs și Gesner au fost deja menționate. Să mai amintim că Gesner a publicat, în 1561, un studiu postum al lui V. Cordus, consacrat florei din Italia. Figurile sînt frumoase, dar mici și înșirate fără nici o ordine. Ch. de L'Écluse a început studiul florei din Spania și din Austria. Thalius a publicat, în 1588, un catalog al plantelor din pădurile Turingiei. Vom mai menționa pe Fr. Calzolari și pe J. și F. Pona, care au studiat flora de pe Monte Baldo.[4]

STRUCTURA ȘI FUNCȚIILE PLANTELOR. Dacă la această epocă nu se poate încă vorbi despre o anatomie și fiziologie vegetală, observațiile lui Cesalpino merită totuși o mențiune cu totul specială. Pentru el, așa cum scrie la începutul lucrării sale *De Plantis libri XVI* (1583), principiul vieții plantelor poate fi redus la trei funcții: nutriția, creșterea și reproducerea. Plantele neavînd însă, spre deosebire de animale, facultatea de a simți sau de a se mișca, organizarea lor, deși comparabilă cu cea a animalelor, are nevoie de aparate mai puțin complicate. Cesalpino credea că plantele au un suflet, pe care el îl situa în măduvă, la punctul de joncțiune dintre tulpină și rădăcină, adică în „colet", pe care el îl considera *inima* plantei. De la acest punct esențial pleacă în jos rădăcina, al cărei rol este comparabil cu cel al gurii animalelor sau, și mai bine, cu cel al unui adevărat stomac care absoarbe și digeră sucurile nutritive, iar în sus pornește tulpina, care se termină cu flori ale căror diverse părți înconjură fructul, așa cum la animale membranele înconjură fătul. Astfel, plantele pot fi comparate cu niște animale puse să stea cu capul în jos. Ca și la animale, seva se ridică de-a lungul rădăcinilor, apoi circulă prin tulpină, spre a ajunge la frunze și apoi în colet, la fel cum sîngele pornește de la inimă spre artere, și, în sfîrșit, este readus la inimă de vene. Cesalpino a observat că această regiune privilegiată, punctul de demarcație dintre tulpină și rădăcină, corespunde unei zone pe care el a numit-o *corculum*, situată în partea de sus sau de jos a semințelor.

[4] Joseph Benkö (1740-1814), poliistoric, geograf și botanist secui din Aita-Mijlocie, în lucrarea sa *Nomina vegetabilium* (Pozsony, 1783), aduce o contribuție valoroasă la cunoașterea plantelor din Transilvania. Ea cuprinde 620 de numiri românești de plante cu corespondentul lor latinesc și unguresc. Benkö recunoaște că românii cunosc mai bine plantele decît alte națiuni și știu a le folosi mai bine.

J. Balogh a publicat la Lyon lucrarea *Specimen inaugurale botanico-medicum sistens precipuas plantas in M. Transilvaniae Principatus sponte et sine cultura provenientes, ac ibidem usu receptas (Luguduni Batavorum* I-II, 1778).

Alexandru Papadopol-Calimah (1833-1898), istoric și om politic. Ministru de externe (1865-66), de culte (1868), luptător moldovean pentru unire. Membru al Academiei Române, a scris între altele *Sloboziile în România, Alexandru Mavrocordat Exaporitul, Botanica daco-getica.* (1879). — *C.M.*

In această epocă, V. Cordus și Garcia da Orta (care a descoperit, de altfel, nodozitățile de pe rădăcinile de leguminoase datorite bacteriilor) au descris foarte bine mișcările frunzelor la leguminoase și au încercat să le explice.

SEXUALITATEA. J. Pontanus a semnalat, în 1505, existența unor palmieri de sexe diferite, după ce încă în secolul al XIV-lea Qazwīnī, un autor persan, consemnase acest fapt în termeni cît se poate de precizi și care merită să fie reținuți: „Curmalul, scria el, are o asemănare izbitoare cu omul... prin împărțirea sa în două sexe diferite, și proprietatea pe care o are de a fi fecundat printr-un fel de împreunare".

În 1592, P. Alpino a efectuat pe curmali primele experiențe de fecundare artificială, operație cunoscută încă de babiloneni. În același an, A. Zalužansky, reluînd concepțiile lui Pliniu, afirmă că toate plantele poartă organe bărbătești sau femeiești, uneori îmbinate, alteori separate și situate pe exemplare diferite. Totodată, Cesalpino a observat la trepădătoare și la cînepă existența a două feluri de plante, unele totdeauna sterile, altele fertile, atunci cînd se află în apropierea primelor, de la care trebuie să primească un „efluviu" avînd puterea de a le fecunda. G. Manardi a descris ceea ce Linné va numi antere, iar V. Cordus a observat reproducerea ferigilor prin spori.

BOTANICA MEDICALĂ. Interesul manifestat încă de la sfîrșitul evului mediu pentru studiul lucrărilor naturaliștilor din antichitate se datorește mai cu seamă faptului că aceste texte semnalau proprietățile medicinale ale plantelor. Într-adevăr, majoritatea botaniștilor antici erau medici și farmaciști și de aceea se interesau îndeaproape de virtuțile simplelor.

Paracelsus a dezvoltat ciudata teorie a *signaturii plantelor*, potrivit căreia ar exista analogii de formă între aspectul organelor diverselor plante și bolile pe care ele le pot remedia. De pildă, rostopasca cu „sîngele" galben combate cu succes gălbinarea. Liliacul, cu frunzele în formă de inimă, vindecă bolile de inimă. Mierea ursului *Pulmonaria mollissima*, care își datorează numele ornamentării limbului frunzelor sale, care amintește vag lobii pulmonari, era recomandată împotriva bolilor de piept.

Unul dintre cei care au contribuit în foarte mare măsură la răspîndirea acestei doctrine a fost Giambattista della Porta (1535?—1615), care în lucrarea sa *Phytognomonica* (1588) a cercetat asemănările întîmplătoare ale unor frunze cu Luna (fig. 14), ale unor rădăcini cu părul de om, ca în cazul părului Maicii Domnului, sau ale unor flori cu insecte sau cu fluturi. Aceste opinii au găsit adversari în special în persoana lui A. van der Spiegel, în 1606. Cu toate acestea, ele s-au bucurat multă vreme de trecere și pînă în secolul al XVIII-lea au fost publicate numeroase *Tratate ale signaturilor*.

Alte lucrări s-au ocupat de combaterea unor maladii cu ajutorul plantelor. Au fost tipărite mai multe culegeri medievale: *Liber pandectarum medicinae* de M. Sylvaticus (1474); *Liber de simplici medicina* de M. Platearius (1497), *Liber agregatus in medicinis simplicibus* de J. Serapion (1473). Printre trata-

tele „moderne" vom cita *Examen simplicium medicamentorum* al italianului Brasavola (1536), lucrarea lui Jacques Dubois (Sylvius) despre prepararea „simplelor" (1542), *Simplici* de Anguillara (1561) şi tratatul lui R. Constantin despre farmacia provensală (1597). În Germania, în timp ce Euricius Cordus îşi expunea ideile despre sinonimia plantelor (*Botanologicon*, 1534), fiul său, Valerius Cordus, a lăsat un important studiu asupra florei Germaniei şi a Italiei (care, împreună cu comentariile sale asupra operelor lui Dioscoride, a fost publicat de Gesner în 1561), precum şi un *Dispensatorium pharmacorum* (1546), care a fost tradus în limba franceză în 1578 la Lyon, sub titlul *Guidon des Apotiquaires*.

GRĂDINILE BOTANICE ŞI AGRONOMIA. Publicarea, în această perioadă, a unui mare număr de lucrări de tipul tratatului *Hortus sanitatis* a stimulat cultivarea sistematică a plantelor medicinale pe terenurile mănăstirilor şi în grădinile cetăţilor universitare; plantele serveau astfel studenţilor ca material demonstrativ şi experimental. Această cultivare a plantelor medicinale a stat la originea primelor grădini botanice create în nordul Italiei, regiune cu o climă deosebit de favorabilă. Una dintre cele mai vechi grădini de acest fel a fost înfiinţată de Luca Ghini la Pisa, în 1543. Ceva mai tîrziu, în 1545, Buonafede a creat o grădină la Padova; primul

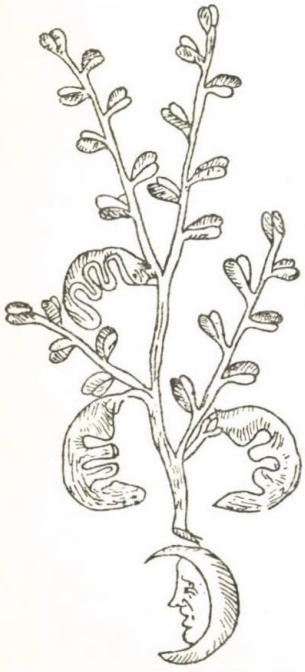


FIG. 14. ASEMĂNAREA FORMEI FRUNZELOR DE *BOTRYCHIUM LUNARIA* CU O SEMILUNĂ (DUPĂ J. B. DELLA PORTA, *PHYTOGNOMONICA*, 1608)

director al acesteia, *ostensor simplicium*, a fost Luigi Anguillara. Olanda a urmat acest exemplu: grădina botanică de la Leiden datează din 1587. În Germania, grădina de la Leipzig a fost creată în 1580. La Paris, N. Houel a întemeiat o „grădină a spiţerilor" în 1576, iar R. de Belleval este fondatorul grădinii botanice de la Montpellier (1598). În 1533, celebrul medic umanist lyonez S. Champier publică un *Hortus gallicus* şi un *Campus elyseus galliae*. Charles Estienne, fiul celebrului tipograf Henri Estienne, a publicat numeroase lucrări de horticultură, fapt pentru care el este considerat drept unul dintre precursorii lui Olivier de Serres; a colaborat cu ginerele său Liébault la lucrarea *L'agriculture et maison rustique* (1564). În 1540, P. Belon a creat la Touvoie, în regiunea Sarthe o plantaţie denumită *Arboretum*, citată în cartea lui Rabelais, care a manifestat mult interes pentru aclimatizarea plantelor. Printre primii agronomi francezi vom mai menţiona pe Davy de Brossard, pe Mizauld şi pe Londric.

Botanistul german Joachim Camerarius a publicat, în 1588, catalogul plantelor pe care le cultiva în grădina lui de la Nürnberg. Dintre excelente figuri pe care le găsim în lucrarea sa, cea mai interesantă este aceea care reprezintă germinarea la curmal şi la *Agave americana*. Trebuie să menţionăm, de asemenea, lucrarea — unică sub aspect iconografic — a lui B. Besler, director al grădinii Sf. Wildebald. Catalogul plantelor din această grădină, datorat în bună parte lui R. Jungermann, descrie toate speciile cultivate. Ele sînt înşirate în ordinea înfloririi şi reprezentate de şase gravori diferiţi cu ajutorul unor planşe în cupru, foarte fine şi admirabil colorate cu mîna.

Englezul William Turner a publicat la Londra în trei părţi (1551, 1562, 1568) lucrarea sa *New Herball*, în care insistă asupra caracterului diferenţial al speciilor, dar le prezintă în ordinea alfabetică a denumirilor lor latineşti. Englezii au manifestat întotdeauna un mare interes pentru horticultură. John Parkinson a descris, în 1629, în lucrarea sa *Paradisi in sole Paradisus terrestris*, peste 7000 de plante care pot creşte în climatul Insulelor Britanice. Clasificarea, foarte eterogenă, face apel uneori la proprietăţile medicinale ale plantelor, alteori la aspectul lor. Cartea prezintă un mare interes, deoarece indică şi reproduce principalele varietăţi de plante horticole cultivate la acea epocă. Menţionăm, în sfîrşit, că John Gerard a creat la Holborn, în apropiere de Londra, în 1595—1596, o grădină botanică personală şi a publicat începînd din 1596 —1599 catalogul ei.

PRIMII BOTANIŞTI CĂLĂTORI. Descoperirea Americii de către Cristofor Columb, în 1492, a Capului Bunei Speranţe şi a căii maritime a Indiilor Orientale de către Vasco da Gama în 1497 au deschis era călătoriilor care aveau drept scop studii de botanică. În cele ce urmează vom vedea care a fost contribuţia acestor pelerini ai botanicii. În pofida dificultăţilor, a primejdiilor şi a încetinelii călătoriilor din acea epocă, ei nu au ezitat, fiind îndemnaţi de gustul de aventură şi de dorinţa de a face noi descoperiri, să străbată mări, să escaladeze munţi şi să se afunde în pădurile virgine pentru a ne face cunoscută o floră despre care nu s-a ştiut nimic pînă atunci.

Printre pionierii acestor călătorii trebuie înscris, în primul rînd, numele lui Pierre Belon (1517—1564), originar din regiunea Sarthe, elev a lui V. Cordus la Wittemberg. Fiind protejat de cardinalul de Tournon, el a plecat în Orient și a vizitat, între 1546 și 1549, Grecia, Turcia, Asia Mică, insulele din Marea Mediterană, Egiptul și Palestina. În 1553, Belon a publicat o lucrare în care relatează despre numeroase curiozități observate în ținuturile vizitate. Lucrarea a fost reeditată în 1588, cu frumoase gravuri în lemn și tradusă în latină de Ch. de l'Écluse. Aici se găsesc descrise pentru prima dată plante orientale (după cum o indică numele lor *Platanus orientalis*, *Caucalis orientalis* etc.). P. Belon manifestă însă mai mult interes pentru folosirea lor practică decît pentru descrierea științifică corectă.

În *Cosmografia Levantului*, André Thévet relatează, în 1554, o călătorie în Palestina și în Asia Mică. Mai tîrziu, în 1558, în urma unei expediții în America de Sud, publică lucrarea *Les singularité de la France antarctique*. Fire deschisă, dar destul de puțin ordonată, el descrie fără mult spirit critic tot ce vede: arme, vase, plante, animale sau minerale. Împreună cu Jean Nicot (1530?—1600), care a fost ambasador la Lisabona, unde tutunul era deja răspîndit pe scară largă, și cu italianul G. Benzoni, care a stat în America în 1541-1560, Thévet are meritul de a fi făcut pe europeni să cunoască tutunul, plantă nouă, denumită la început, după numele lui Nicot, *Nicotiana*.

Germanul L. Rauwolff a fost trimis în 1573 în țările Orientului pentru a căuta plante medicinale. Prima ediție a însemnărilor despre călătoria sa a apărut în 1583. Catalogul său de ierburi a fost utilizat, în 1755, de Gronovius, care a publicat lucrarea *Flora orientalis*, unde găsim rețeta folosirii cafelei. Italianul Prospero Alpino, militar, medic, apoi profesor la Padova, descrie, în 1592, vreo 50 de plante noi aduse din Egipt, dintre care *Lycium*, salcîmul de Senegal, arborele de cafea[5] etc. Diverse plante aduse din insula Creta sînt descrise într-o carte postumă a aceluiași autor, editată de fiul său în 1627. Lui M. Guilandino (Wieland), care a vizitat Siria și Egiptul, i se datorează cercetările despre papirusul lui Pliniu și despre sinonimia anticilor comparată cu aceea a autorilor moderni.

Cu patruzeci de ani înainte de descoperirea Americii, botanistul venețian Cá da Mosto a vizitat insulele Canare, Madeira și coasta apuseană a Africii, unde descoperă în 1455 boababul (regăsit mai tîrziu de Adanson), precum și *Dracaena draco*. Gonzalo Hernandez de Oviedo y Valdès, intendent comercial în Lumea Nouă, a publicat, în 1525—1535, *Historia general y natural de las Indias*, în care menționează goiavierul și avocatierul *(Persea gratissima)*, Lopez de Gomara, misionar originar din insulele Canare, a publicat, în 1552, o nouă *Istorie generală*, unde se găsește prima mențiune despre arborele de cacao și despre diverse plante remarcabile din Mexic, francezul Jean de Léri (1534—1611) l-a însoțit pe cavalerul de Villegaignon într-o călătorie în Brazilia, pe care o relatează în 1598 într-o lucrare bogată în informații despre

[5] Arborele de cafea este menționat de Rauwolff (1581); prima descriere, limitată la fructul de cafea, a fost făcută de Ch. de L'Écluse (1574), căruia i s-a trimis cafea din Italia. — *N.A.*

„arbori, ierburi, rădăcini și fructe curioase". Martin del Barco a făcut, în 1573, o călătorie în Paraguay, unde a observat mimoza senzitivă și pasiflora. N. Monardes a publicat, în 1565—1574, la Sevilla, un studiu remarcabil despre plantele din „Indiile Apusene". Ch. de L'Écluse l-a tradus, în 1574, în limba latină, iar A. Colin a tălmăcit această versiune în franceză în 1602[6].

Însemnările de călătorie ale olandezului Linschootten, care a vizitat Indiile Orientale și Oceanul Indian, publicate la Haga în 1599, conțin descrierea arborelui de mango, a tuberozei etc. Portughezul Garcia da Orta, adus în India, în 1534, ca prim medic la contele de Redondo, vicerege al Indiilor, a publicat la Goa lucrarea sa *Coloquios dos simples, e drogas* (1563), care a fost tradusă în latină și franceză. Christoval Acosta, iezuit portughez, a stat mult timp în Indiile Orientale și ne-a lăsat lucrarea Drogas (1578), inspirată în bună parte din Garcia da Orta.

Lucrările de la sfîrșitul secolului al XVI-lea, ca *Hortus medicus* de J. Camerarius (1588) și, mai ales, *Phytobasanos* de Fabio Colonna (1592) arată, prin calitatea descrierii și a figurației, cît de mult a progresat cunoașterea plantelor în comparație cu secolul precedent. În secolul următor, Tournefort va indica în repetate rînduri pe Gesner, Cesalpino și Colonna[7] ca dascălii săi.

[6] Vezi, de asemenea, în partea a IV-a, capitolul „Științele în America colonială".

[7] Ținem să-i mulțumim d-lui J.J. Hémardinquer, care a citit corecturile noastre și ne-a propus unele îmbunătățiri referitoare la botaniștii călători.

BIBLIOGRAFIA PRIMEI PĂRȚI (RENAȘTEREA)

ISTORIA GENERALĂ

O expunere de ansamblu a evenimentelor din această perioadă se găsește în:
H. HAUSER și A. RENAUDET, *Les débuts de l'âge moderne* ed. a 3-a, Paris, 1946.
H. HAUSER, *La prépondérance espagnole* (1559 — 1660), ed. a 3-a, Paris, 1948.
E. PERROY, *Le Moyen Age*, în *l'Histoire générale des Civilisations*, ed. a 5-a, vol. III și IV, Paris, 1967.
R. MOUSNIER, *Les XVIe et XVIIe siècles*, Paris, 1967.
Bibliografii detaliate sînt date de:
J. CALMETTE, *L'élaboration du monde moderne*, ed. a 3-a, în colecția „Clio", vol. V, Paris, 1949.
H. SÉE, A. REBILLION și E. PRÉCLIN, *Le XVe siécle*, în colecția „Clio", vol. VI, Paris, 1950.

Vezi, de asemenea:

L. FEBVRE, *Le problème de l'incroyance au XVe siècle: La religion de Rabelais*, Paris, 1947.
E. GARIN, *Il Rinascimento, Significato e limiti*, Florența, 1953.
J. W. THOMSON și alții, *The Civilisation of the Renaissance*, University of Chicago Press, 1929.
L. FEBVRE și H. J. MARTIN, *L'apparition du livre*, Paris, 1958.

BIBLIOGRAFIE DE ANSAMBLU

G. SARTON, *Horus, a Guide to the History of Science and Civilization*, Waltham, Mass., 1952.
F. RUSSO, *Histoire des sciences et des techniques. Bibliographie*, ed. a 2-a, Paris, 1969.
W. P. D. WIGHTMAN, *Science and the Renaissance. An Annotated Bibliographie...*, 2 vol., Edinburgh — London, 1962.
J. C. POGGENDORFF, *Biographisch-literarisches Handwörterbuch*, 2 vol., Leipzig, 1863.
Bibliografiile periodice publicate de „Bulletin signalétique du C.N.R.S." și revista „Isis"; în sfîrșit, dările de seamă asupra lucrărilor publicate de principalele reviste de istorie a științelor.

STUDII REFERITOARE LA ANSAMBLUL ȘTIINȚELOR

M. CLAGETT, ed., *Critical Problems in the History of Science*, Madison, 1959.
A. C. CROMBIE, *Histoire des sciences de saint Augustin à Galilée*, 2 vol., Paris, 1959.
IDEM, ed., *Scientific Change*, London, 1963.
A. C. KLEBS, *Incunabula scientifica et medica* („Osiris", t.4, 1938, pp. 1 — 359).
L. THORNDIKE, *Science and Thought in the Fifteenth Century*, New York, 1929.
IDEM, *History of Magic and Experimental Sciences, vol.* IV — VI, New York, 1939—1941.
A. MIELI, R. PAPP și J. BABINI, *Panorama general de historia de la ciencia*, vol. III—VI, Buenos Aires, 1950 — 1952.
H. WOLF, *A History of Science, Technology and Philosophy, in the XVIth and XVIIth Canturies*, ed. a 2-a, London, 1950.
A.R. HALL, *The Scientific Revolution, 1500 — 1800*, London, 1954.
G. SARTON, *The Appreciation of Ancient and Medieval Science during Renaissance*, Univ. of. Pennsylvania Press, 1955.
IDEM, *Six Wings, Men of Science in the Renaissance*. Indiana Univ. Press, 1957.
COLECTIV, *La science au XVIe siècle*, Paris, 1960.
M. BOAS, *The Scientific Renaissance, 1450 — 1630*, London, 1962.

R.M. PALTER, ed., *Toward Modern Science*, vol. II, *Studies in Renaissance Science*, New York, 1961.
M. DAUMAS, ed., *Histoire de la science*, Paris, 1957.
A. KOYRÉ, *Études d'histoire de la pensée scientifique*, Paris, 1966.
ST. D'IRSAY, *Histoire des Universités*, Paris, 1935.
R.W.T. GUNTHER, *Early Science in Oxford*, 14 vol., Oxford, 1920 — 1945.
A. LEFRANC, *Histoire du Collège de France*, Paris, 1893.
* * * *Le Collège de France (1530 — 1930)*, Paris,1932.
F.A. YATES, *The French Academies of the XVIth Century*, London, 1947.
P.A. CAP, *La science et les savants au XVIe siècle*, Tours, 1867.
A.M. SCHMIDT, *La poésie scientifique en France au XVIe siècle*, Paris, 1938.
COLECTIV, *Le Soleil à la Renaissance; sciences et mythes*, Paris, 1964.
P.-H. MICHEL, *La cosmologie de Giordano Bruno*, Paris, 1962.
B. GILLE, *Les ingénieurs de la Renaissance*, Paris, 1964.
M. DAUMAS, ed., *Histoire générale des techniques*, vol. II, *Les premières étapes du machinisme*, Paris, 1965.

MATEMATICĂ

Lucrările mai vechi ale lui:

A.G. KÄSTNER, *Geschichte der Mathematik*, 4 vol., Göttingen, 1796 — 1800.
J.F. MONTUCLA, *Histoire des mathématiques*, ed. a 2-a, 4 vol., Paris, 1799 — 1802.
M. CHASLES, *Aperçu historique sur le développement des méthodes en géométrie*, ed. a 2-a, Paris, 1875.

Dintre lucrările mai noi este indispensabilă:

M. CANTOR, *Vorlesungen über die Geschichte der Mathematik*, ed. a 3-a, vol. II, Leipzig, 1907.

A se vedea, de asemenea:

P. BOUTROUX, *Principes de l'analyse mathématique*, 2 vol., Paris, 1914 — 1919.
D.E. SMITH, *History of Mathematics*, 2 vol., Boston, 1927 — 1930.
G. LORIA, *Storia delle matimatiche*, ed. a 2-a, Milano, 1950.
O. BECKER şi J.E. HOFMANN, *Geschichte der Mathematik*, Bonn, 1951 (trad. fr. Paris, 1956).
J.E. HOFMANN, *Geschichte der Mathematik*, partea I, ed. a 2-a, Berlin, 1963.
N. BOURBAKI, *Éléments d'histoire des mathématiques*, ed. a 2-a, Paris, 1969.
P. DEDRON şi J. ITARD, *Mathématiques et mathématiciens*, Paris, 1959.
H.G. ZEUTHEN, *Geschichte der Mathematik im XVI. und XVII. Jahrhundert*, Leipzig, 1903.
J. TROPFKE, *Geschichte der Elementarmathematik*, vol. I — IV, ed. a 3-a, Berlin, 1930 — 1939; vol. V — VII, ed. a 2-a, Berlin, 1921 — 1924.
A. VON BRAUNMÜHL, *Vorlesungen über die Geschichte der Trigonometrie*, Leipzig, 1900 — 1903.
F. CAJORI, *History of Mathematical Notations*, 2 vol., Chicago, 1928.
J. L. COOLIDGE, *The Mathematics of Great Amateurs*, Oxford, 1944.
E. BORTOLOTTI, *Studi sulla storia delle matematiche in Italia*, 2 vol., Bologna, 1928 — 1944.
D.E. SMITH, *Rara arithmetica*, Boston, 1908-1939.
H. MORLEY, *The Life of Girolamo Cardano*, 2 vol., London, 1854.
O. ORE, *Cardano the Gambling Scholar...*, Princeton, 1953.
E. PANOFSKY, *Albrecht Dürer*, ed. a 2-a, Princeton, 1945.
S. STEVIN, *The Principal Works*, 5 vol. în 6 t., Amsterdam, 1955 — 1966.

ASTRONOMIE

J. B. DELAMBRE, *Histoire de l'astronomie au Moyen Age*, Paris, 1819.
IDEM, *Histoire de l'astronomie moderne*, 2 vol., Paris, 1821.
J. BERTRAND, *Les fondateurs de l'astronomie moderne*, ed. a 5-a, Paris, 1874.
J.L. DREYER, *Tycho Brahe*, Edinburgh, 1890.
IDEM, *History of Astronomy from Thales to Kepler*, ed. a 2-a, New York, 1954.
IDEM, ed., *Tychonis Brahe Opera Omnia*, 15 vol., Copenhaga, 1913 — 1929.
F. R. JOHNSON, *Astronomical Thought in Renaissance England*, Baltimore, 1937.
E. ZINNER, *Entstehung und Ausbreitung der Coppernicanischen Lehre*, Erlangen, 1943.
A. KOYRÉ, *Copernic, Des révolutions des orbes célestes* (trad. fr. şi comentariu Cărţii I din *De Revolutionibus*), Paris, 1934.
IDEM, *From the Closed World to the Infinite Universe*, Baltimore, 1957 (trad. fr., Paris, 1962).
E. ROSEN, *Three Copernican Treatises*, ed. a 2-a, New York, 1959.
A. PANNEKOEK, *A History of Astronomy*, London, 1961.
K.H. BURMEISTER, *Georg Joachim Rhetikus*, 2 vol. Wiesbaden, 1967 — 1968.

FIZICA ŞI MECANICA

Lucrări mai vechi:

J.G. POGGENDORFF, *Geschichte der Physik*, Leipzig, 1879 (trad. fr. Paris, 1883).
F. ROSENBERGER, *Geschichte der Physik*, 3 vol., Braunschweig, 1882 — 1890.
K. LASSWITZ, *Geschichte der Atomistik*, 2 vol., Leipzig, 1890.
E. GERLAND şi F. TRAUMÜLLER, *Geschichte der physikalische Experimentierkunst*, Leipzig, 1899, mai sînt încă de consultat.

Printre cele mai recente:

E. MACH, *Die Mechanik in ihrer Entwicklung*, ed. a 7-a, Leipzig, 1912 (trad. fr., Paris, 1904).
P. DUHEM, *Les origines de la statique*, 2 vol., Paris, 1907,
IDEM, *Le mouvement absolu et le mouvement relatif*, Montligeon, 1907.
IDEM, *Études sur Léonard de Vinci*, 3 vol., Paris, 1906 — 1913.
IDEM, *Le système du monde*, vol. X, Paris, 1959.
E. JOUGUET, *Lectures de mécanique*, 2 vol., Paris, 1924.
L. OLSCHKI, *Geschichte der neusprachlichen wissenschaftlichen Litteratur*, 3 vol., Halle, 1919-1927.
R. DUGAS, *Histoire de la mécanique*, Neuchâtel, 1950.
E.J. DIJKSTERHUIS, *Die Mechanisierung des Weltbildes*, Berlin, 1956.
SIMON STEVIN, *La Haye*, 1943.

Despre Leonardo da Vinci, vechea lucrare a lui G. SÉAILLES, *Léonard de Vinci, l'artiste et le savant*, Paris, 1892, iar dintre studiile mai recente sînt de consultat:

R. MARCOLONGO, *Memorie sulla geometria e la meccanica*, Napoli, 1937.
G. UCCELLI, *Scritti di meccanica*, Milano, 1940.
* * * *Léonard de Vinci et l'expérience scientifique au XVIe siècle*, Paris, 1951.

CHIMIE ŞI ALCHIMIE

M. BERTHELOT, *La chimie au Moyen Age*, 3 vol., Paris, 1893.
J. FERGUSON, *Bibliotheca chimica*, 2 vol., Glasgow, 1906.
D.I. DUVEEN, *Bibliotheca alchemica et chimica*, London, 1949.
H.M. LEICESTER şi H.S. KLICKSTEIN, *A Source Book in History of Chemistry*, New York, 1952.

M. DELACRE, *Histoire de la chimie*, Paris, 1920.
W. OSTWALD, *L'évolution d'une science: la chimie* (trad. fr., Paris. 1919).
E. O. VON LIPPMANN, Entstehung und Ausbreitung der Alchemie, 3 vol. Berlin, 1919—1931—1954.
E. J. HOLMYARD Makers of Chemistry, Oxford, 1931.
IDEM *Alchemy*, London, 1957.
F. S. TAYLOR, *The Alchemists*, New York, 1949.
R.J. FORBES, *A Short History of the Art of Distillation*, Leiden, 1948.
H. E. FIERZ-DAVID, *Die Entwicklungsgeschichte der Chemie*, ed, 2-a, Basel, 1953.
H.M. PACHTER, *Paracelsus, Magic into Science*, New York, 1951.
W. PAGEL, *Paracelsus*, Basel și New York, 1958.
M.P. CROSLAND, *Historical Studies in the Language of Chemistry*, London, 1962.
J.M. STILLMAN, *The Story of Early Chemistry*, New York, 1964.

ȘTIINȚA DESPRE PĂMÎNT

K.F. MATHER și S.L. MASON, *A Source Book in Geology*, New York, 1939.
K.A. VON ZITTEL, *Geschichte der Geologie und Paläontologie*, München, 1899.
A. GEYKIE, *The Founders of Geology*, ed. a 2-a, Lyon, 1905.
S. MEUSNIER, *L'évolution des théories géologiques*, Paris, 1911.
G. VON GROTH, *Entwicklungsgeschichte der mineralogischen Wissenschaften*, Berlin, 1926.
E. DE MARGERIE, *Critique et géologie. Contribution á l'étude des sciences de la Terre*, 4 vol., Paris, 1943—1948.
F.D. ADAMS, *The Birth and Development of the Geological Sciences*, ed. a 2-a, New York, 1954.
E. DUPUY, *Bernard Palissy*, ed. a 2-a, Paris, 1902.

A se vedea, de asemenea traducerile englezești ale lucrării *Bergbüchlein*, de KALB (A.G. SISCO și C.S. SMITH, New York, 1949), a lucrării *De re metallica* de AGRICOLA (H.C. HOOVER, Londra, 1912) și a *Tratatului* de L. ERCKER (A.G. SISCO și C.S. SMITH, Chicago, 1951).

ȘTIINȚELE BIOLOGICE ÎN GENERAL

E. RÁDL, *Geschichte der biologischen Theorien*, Leipzig, 1905—1909.
M. CAULLERY, *Histoire des sciences biologiques*, în *G. Hanotaux, Histoire de la nation française*, Paris, 1924.
W.A. LOCY, *The Growth of Biology*, London, 1925.
E. NORDENSKIÖLD, *The History of Biology*, New York, 1928.
C.E. RAVEN, *English Naturalists from Neckam to Ray*, Cambridge, (G.-B)., 1947.
E. CALLOT, *La renaissance des sciences de la vie au XVIe siècle*, Paris, 1950.
C. SINGER, *History of Biology*, ed. a 3-a, London-New York, 1959 (trad. fr., de F. Gidon, Paris, 1934).
J. ROSTAND, *Esquisse d'une histoire de la biologie*, Paris, 1962.
E. MENDELSOHN, *Heat and Life*, Cambridge, 1964.
G. CANGUILHEM, *La connaissance da la vie*, ed. a 2-a, Paris, 1965.

ANATOMIE ȘI FIZIOLOGIE

L. CHOULANT, *Geschichte und Bibliographie der anatomischen Abbildung*, Leipzig, 1852.
M. ROTH, *Andreas Vesalius Bruxellensis*, Berlin, 1892.
M. DEL GAIZO, *Sulla pratica dell' anatomia in Italia sino al 1600*, Napoli, 1892.
M. FOSTER, *Lectures on the History of Physiology during the 16th, 17th and 18th Centuries*, Cambridge, 1901.
H.E. SIGERIST, *Die Geburt der abendländischen Medizin*, în *Essays... presented to Karl Sudhoff*, London, 1924.

C.H. SHERRINGTON, *The Endeavour of Jean Fernel*, London, 1946.
E. HINTZSCHE, *La renaissance de l'anatomie*, în „Ciba", nr. 59, 1947.
C.D.O'MALLEY, *Michael Servetus...*, Philadelphia, 1953.
K.E. ROTHSCHUH, *Geschichte der Physiologie*, Berlin, 1953.
C. SINGER, *Short History of Anatomy and Physiology from Greeks to Harvey*, New York, 1957.
L. PREMUDA, *Storia dell' iconografia anatomica*, Milano, 1957.
L.R. LIND, *A Short Introduction to Anatomy of Jacopo Berengario da Carpi*, Chicago, 1959.
R. ERIKSSON, *Andreas Vesalius' First Public Anatomy at Bologna, Uppsala*, 1959.
P. HUARD, *Les dessins anatomiques de Léonard de Vinci*, Paris, 1961.
W. PAGEL, *Paracelse: introduction à la médicine philosophique de la Renaissance*, Paris, 1963.
C.D.O'MALLAY, *Andreas Vesalius of Brussels, Berkeley and Los Angeles*, 1964.
P. HUARD et M.D. GRMEK, *L'oeuvre de Charles Estienne et l'école anatomique parisienne*, Paris, 1965.
R. HERRLINGER și F. KUDLIEN, *Frühe Anatomie; von Mondino bis Malpighi*, Stuttgart, 1967.

MEDICINĂ

K. SPRENGEL, *Versuch einer pragmatischen Geschichte der Arzneikunde*, 5 vol., Halle 1792—803 (trad. fr. de A.-J.-L. Jourdan, Paris, 1815—1820).
J.-F. MALGAIGNE, *Oeuvres complètes d'Ambroise Paré*, Paris, 1840—1841.
C.-V. DAREMBERG, *Histoire des sciences médicales* Paris, 1870.
E. WICKERSHEIMER, *La médecine et les médecins en France à l'époque de la Renaissance*, Paris, 1905.
R. MASSALONGO, *Girolamo Fracastoro e la rinascenza della medicina in Italia*, Veneția, 1915.
K. SUDHOFF, *Kurzes Handbuch der Geschichte der Medizin*, Berlin, 1922.
W. OSLER, *Incunabula medica*, Oxford, 1923.
F.R. PACKARD, *The Life and Times of Ambroise Paré*, ed. a 2-a, New York, 1926.
P. DELAUNAY, *Ambroise Paré naturaliste*, Laval, 1926.
IDEM, *La vie médicale aux XVIe, XVIIe et XVIIIe siècles*, Paris, 1935.
F.H. GARRISON, *Introduction to the History of Medicine*, ed. a 4-a, Philadelphia-London, 1929.
A. CASTIGLIONI, *The Renaissance of Medicine in Italy*, Baltimore, 1934.
IDEM, *Storia della medicina*, ed. a 3-a, Milano, 1948. (trad. fr., de Bertrand și Gidon, Paris,) 1931.
G. ZILBOORG, *The Medical Man and the Witch during the Renaissance*, Baltimore, 1935,
Z. SUDHOFF, Paracelsus, Leipzig, 1936.
M. LAIGNEL LAVASTINE, *Histoire générale de la médecine etc.*, Paris, 1936-1949.
P. DIEPGEN, *Geschichte der Medizin*, I, Berlin, 1959.
M.T. GNUDI și J.P. WEBSTER, *The Life and Times of Gaspare Tagliacozzi*, New York, 1950.
G. SINGER și A.E. UNDERWOOD, *A Short History of Medicine*, Oxford, 1962.
L.S. KING, *The Growth of Medical Thought*, Chicago, 1963.
M. BARIÉTY și C. COURY, *Histoire de la médicine*, Paris, 1963.
F.H. GARRISON și L.T. MORTON, *Medical Bibliography*, ed. a 2-a revizuită, London, 1965.

ZOOLOGIE

J.V. CARUS, *Geschichte der Zoologie*, München, 1872 (trad. fr., Paris, 1880).
G. LOISEL, *Histoire des ménageries*, 3 vol., Paris, 1912.
J.H. GURNEY, *Early Annals of Ornithology*, London, 1921.

M. BOUBIER, *L'évolution de l'ornithologie*, Paris, 1925.
P. DELAUNAY, *Ambroise Paré naturaliste*, Laval, 1925.
IDEM, *Pierre Belon naturaliste*, Le Mans, 1926.
J. ANKER, *Bird Books and Bird Art*, Copenhaga, 1938.
T.S. HALL, *A Source Book in Animal Biology*, New York, 1951.
F.S. BODENHEIMER, *Léonard de Vinci et les insectes* („Rev. Synthèse"), 77, 1956, 147—152).
P. DELAUNAY, *La zoologie au XVIe siècle*, Paris, 1962.
G. PETIT şi J. THÉODORIDÈS, *Histoire de la zoologie des origines a Linné*, Paris, 1962.
M. D. GRMEK şi D. GUINOT, *Les crabes chez Ulysse Aldrovandi: un aperçu critique de la carcinologie du XVIe siècle* [„Colloque int. Hist. biol. Marine" (Banyuls, 1963), 45-46, Paris, 1965].
G. PETIT, *Conrad Gesner zoologiste* („Gesnerus", 22, 1965, 195—204).
J. THÉODORIDÈS, *Conrad Gesner et la zoologie: les Invertébrés* („Gesnerus", 23, 1966, 230—237).
G. NISSEN, *Die zoologische Buchillustration..*, Stuttgart, 1966.
H. FISCHER, *Conrad Gesner*, Zürich, 1966.

BOTANICĂ

E. MEYER, *Geschichte der Botanik*, 4 vol., Königsberg, 1854—1857.
K.F.W. JESSEN, *Botanik der Gegenwart und Vorzeit in Culturhistorischer Entwicklung*, Leipzig, 1864 (ed. fac. sim., 1948).
F.J.G. SACHS, *Histoire de la botanique*, Paris, 1892.
L. LEGRÉ, *La botanique en Provence au XVIe siècle*, 5 vol., Paris, 1899—1904.
E.L. GREEN, *Landmarks of Botanical History*, Washington, 1909.
F.W.T. HUNGER, *Charles de L'Écluse*, Haga, 1927.
C.S. GAGER, *Botanics Gardens in the World*, New York, 1937.
M. MÖBIUS, *Geschichte der Botanik*, Iena, 1937.
T.A. SPRAGUE şi M.S. SPRAGUE, *The Herbal of Valerius Cordus* („J. Linnean Soc. London", Bot. 52, 1-113, 1939).
H.S. REED, *Short History of the Plant Science*, Waltham, Mass., 1942.
W. BLUNT, *The Art of Botanic Illustration*, London, 1951.
C. NISSEN, *Die botanische Buchillustration*, 2 vol., Stuttgart, 1951.
A. ARBER, *Herbals*, ed. a 2-a, Cambridge, 1953.
A. DAVY DE VIRVILLE şi alţii, *Histoire de la botanique en France*, Paris, 1954.
L. EMBERGER şi H. HARANT, *La botanique à Monpellier*, 1959.

PARTEA A DOUA
SECOLUL AL XVII-LEA

După perioada tumultuoasă a Renașterii, în care Occidentul a intrat în contact strîns cu știința antică, nu fără a manifesta în diverse domenii o incontestabilă dorință de creație, secolul al XVII-lea vede născîndu-se în Europa occidentală o știință nouă, care se va dezvolta în secolele următoarei, se va răspîndi încetul cu încetul în întreaga lume.

Această revoluție, ale cărei diverse aspecte, condiții și caracteristici vor fi analizate într-un capitol introductiv, avea să aibă consecințe incalculabile.

Domeniu în plină efervescență, matematica vede născîndu-se sau reînnoindu-se algebra, teoria numerelor, calculul probabilităților, geometria proiectivă și calculul infinitezimal. Progresele realizate sînt atît de importante, încît cîmpul de acțiune și fizionomia matematicii se modifică radical. Această armă, devenită mult mai puternică și mai eficientă, este aplicată treptat în diferitele ramuri ale științelor fizice: în primul rînd în dinamică, domeniu care, de la Galilei la Newton, se constituie într-o știință autonomă; apoi, în mecanica cerească, ale cărei principii sînt formulate de Kepler și Newton în cadrul sistemului lui Copernic, definitiv adoptat; în fine, în optică, disciplină care se transformă și ea treptat într-o știință matematică. Concomitent, importante progrese se înregistrează în domeniul experimental, datorită inventării lunetei și a microscopului, descoperirii legilor opticii geometrice, studierii mai precise a fenomenelor magnetice și electrice, în timp ce, în chimie, cercetarea practică deschide, încetul cu încetul, drumul spre inovațiile secolului următor.

În domeniul științelor biologice, progresele încă insuficiente în descrierea și clasificarea ființelor vii sînt eclipsate de descoperirea circulației mari, de teoria la modă a omului-mașină, de nașterea și dezvoltarea rapidă a anatomiei microscopice, de studiul problemei generării (nașterii) și de începuturile fiziologiei vegetale. Aceste progrese diverse se repercutează asupra medicinii, care se individualizează treptat și capătă un caracter mai științific, lăsînd în același timp cîmp larg pentru dezbateri teoretice. În sfîrșit,

științele Pământului se constituie într-o știință autonomă — geologia — care, rupînd cu prejudecățile medievale, abordează studiul constituției Pământului și al istoriei lui.

Acestor progrese imense, care vor fi analizate în următoarele capitole ale lucrării noastre, le corespunde o evoluție profundă a spiritului și a metodelor științifice. Într-adevăr, de la Gilbert, Kepler și Galilei, la Huygens, Malebranche, Leibniz și Newton, trecînd prin Bacon, Harvey și Descartes, oamenii de știință din secolul al XVII-lea au stabilit principiile științei moderne. Ducînd o luptă grea împotriva prejudecăților și a rutinei, acești oameni de geniu însuflețiți de o încredere deplină în valoarea efortului lor au știut să degajeze marile principii care în multe cazuri mai stau încă la baza concepțiilor noastre de astăzi. Bineînțeles, creațiile lor cutezătoare nu au putut atinge chiar de la început perfecțiunea, și unele dintre greșelile și exagerările comise vor fi îndreptate, uneori destul de anevoios, de urmașii lor. Dar și așa, acești savanți au avut marele merit de a fi creat metode originale și fecunde, de a fi dat un nou avînt unor vaste domenii ale științei și de a fi imprimat cercetării științifice un elan hotărîtor.

Revoluţia ştiinţifică din secolul al XVII-lea

Se consideră în general, că începuturile ştiinţei moderne datează din secolul al XVII-lea. Această opinie nu este inexactă, dar necesită o lămurire. Într-adevăr, calificativul de „modern" este totdeauna relativ. În acest sens, trebuie să ne ferim cu grijă de a „moderniza" excesiv pe savanţii din generaţia lui Descartes, şi chiar şi pe cei din generaţia lui Newton; dacă nu am face-o, am plăti fie prin a nu-i înţelege, fie prin a ne expune unei decepţii nejustificate.

ARHAISMELE ŞI SPIRITUL NOU. Într-adevăr, dacă vom uita cît de mult se deosebea lumea în care au trăit ei de lumea noastră, nu-i vom putea înţelege. Pentru a vedea conturîndu-se noţiunea de masă trebuie să aşteptăm sfîrşitul secolului; încă nu sînt cunoscute noţiunile de cantitate de căldură şi de celulă vie; studiul magnetismului şi al electricităţii se află de-abia la primii paşi; la fel — ştiinţa geologiei. Descartes vede în tunet explozia unui amestec detonant, iar în izvoarele de munte, o mişcare ascensională a apelor oceanice. Chiar şi o doctrină atît de valoroasă ca heliocentrismul nu va dispune pînă la Newton de argumente convingătoare. Fiziologia mecanicistă nu schiţează, în cadrul doctrinei animalelor-maşini, decît o imagine a realităţii, şi încă una foarte arbitrară.

Numeroasele fapte încă insuficient stabilite lasă frîu liber speculaţiei, care păstrează un caracter curios de şcolăresc, de la tentativa de deducere a Lumii întreprinsă de Descartes pînă la disputele dintre iatromecancienii şi iatrochimişti şi pînă la controversa cu privire la forţele vii. Şi atunci, dacă pornim de la ideea că aceşti savanţi au creat ştiinţa modernă şi descoperim apoi aceste greşeli şi insuficienţe, vom rămîne decepţionaţi şi putem chiar să ne simţim ispitiţi să-i surghiunim în tenebrele unei ere preştiinţifice.

Or, această decepţie ar fi cu totul nedreaptă. După cum foarte bine spune H. Butterfield, ce ar face oare pontifii ştiinţei contemporane dacă ar avea de aşezat, cu propriile lor mijloace, temeliile însăşi ale ştiinţei? Realitatea este că ceea ce au avut de descoperit savanţii secolului al XVII-lea sînt tocmai temeliile unei ştiinţe noi şi că au ştiut să le descopere. Pe planul descoperirilor, contribuţia lor este deja impresionantă: legile lui Kepler, mecanica lui Galilei, sistemul circulator al lui Harvey, geometria lui Descartes, geo-

logia lui Sténon, optica și astronomia lui Newton, lumea „micilor animale" ale lui Leeuwenhoek... Există multe visuri și erori amestecate în adevărurile descoperite de ei. Dar oare nu este aceasta condiția cercetării în oricare epocă? Dacă însă ne întrebăm cum au fost obținute aceste rezultate, dacă înțelegem că a trebuit răsturnată reprezentarea însăși despre cercetare și despre știință care domnea încă de pe timpul lui Aristotel, atunci nu putem decît să-i admirăm fără rezervă.

MIRACOLUL DECENIULUI AL TREILEA AL SECOLULUI AL XVII-LEA. S-a vorbit de miracolul grec. Pentru știință a existat, de asemenea, un miracol al deceniului al treilea al secolului al XVII-lea. Locul fizicii calităților este luat de fizica cantitativă, cel al cosmosului ierarhizat — de un univers „indefinit", format din fenomene echivalente și adesea lipsite de finalitate; locul lumii sensibile a percepției imediate — lume prelungită, datorită microscopului, întrucîtva dincolo de percepție — este luat de lumea gîndită de matematician. Nimic din toate acestea nu este încă perimat. Atunci însă toate acestea erau ceva nou și pentru a le descoperi a fost nevoie de o adevărată revoluție.

Meritul inegalabil al secolului al XVII-lea nu constă deci în a fi văzut mai mult sau mai puțin bine, mai multe *lucruri* decît văzuseră înaintașii, ci de a fi privit lumea *cu alți ochi*, cu ajutorul unor principii care vor rămîne o achiziție a omenirii. Tocmai pentru aceasta, secolul al XVII-lea poate și trebuie considerat secolul de început al științei moderne.

A. VIAȚA ȘTIINȚIFICĂ

Știința nouă s-a instaurat în afara științei oficiale și adesea luptînd împotriva ei. La origine ea a fost deci opera cîtorva personalități izolate.

Precursorii lor se închideau într-un secret prudent. Această temă a secretului va păstra un prestigiu ciudat de-a lungul întregului secol.

În afară de aceasta, la începutul secolului al XVII-lea, nu exista un public pregătit pentru acest gen de studii. Bacon se plînge că oamenii de litere și metafizicienii au tot ce le dorește inima, în timp ce savantul de laborator n-are parte de nimic. O sută de ani mai tîrziu lucrările de popularizare științifică vor abunda.

Să ne ferim însă de o reprezentare idilică a istoriei științei! Așa cum ne amintește J. Pelseneer, omul de știință, savantul autentic, inventatorul, rămîne aproape în permanență, ca și artistul, un izolat. Roberval își păzea cu strășnicie o bună parte din descoperirile sale. În disputa în jurul experienței barometrice, același Roberval, și chiar Pascal s-au arătat oribil de nedrepți față de părintele Magni, care, spre deosebire de ei, se dovedește deosebit de dezinteresat. O dispută cu totul asemănătoare este legată de descoperirea calculului infinitezimal. Descartes, ale cărui foarte frumoase fraze despre experințele care trebuie făcute în comun și despre datoria pe care

o avem de a pregăti pentru urmașii noștri o știință mai bună sînt citate deseori, scrie totuși, în *Discursul asupra metodei*[1] (partea a șasea), un adevărat tratat al savantului solitar: experiențele pe care vi le comunică alții („ceea ce nu ar face niciodată cei care le numesc secrete"), sînt greu de utilizat, fiindcă se constată că totdeauna ele sînt raportate la sistemul propriu al autorului respectiv; aceste comunicări sînt deseori insipide și ne fac întotdeauna să pierdem mai mult timp decît merită. Cînd se retrage în Olanda, el își schimbă domiciliul cît mai des, spre a nu putea fi descoperit. În fond, Descartes nu are încredere decît în Descartes și consideră că un sistem construit de un singur om valorează mult mai mult decît acele structuri combinate la care au pus mîna prea mulți constructori. Deși aureolat de o glorie rapidă, Newton este șicanat, chiar și în a-și exprima ideile, de atacurile neîncetate ale cartezienilor. Se poate spune că, în ansamblu, savanții remarcabili ai secolului au o mentalitate de „mari patroni", foarte geloși de prerogativele lor.

Schimburile de vederi au început sub formă de sfidări. Această practică continua tradiția scolastică a disputelor (*disputationes*), dar era în același timp și o modalitate de a se afirma meritele. Cu totul altă semnificație a avut obiceiul — mai nou, de astă dată — de a se adresa publicului larg peste capul universităților rebele, publicînd tratate savante în limba poporului: *Dialogul* lui Galilei în 1632, *Discursul* lui Descartes în 1637, înainte de *Optica* lui Newton.

Acești „mari patroni" își căutau un public și publicul acesta începea realmente să se formeze.

EXEMPLUL ITALIAN. În secolul al XVI-lea se formează o burghezie bogată care dorește să se emancipeze de sub tutela dascălilor tradiționali și favoriza cercetările noi. Dar și prinții — de pildă cei din familia Medici — cardinalii, papii, își au și ei savanții lor consacrați. Orașele cu vechi tradiții autonome — Padova, Pisa, Florența — caută să atragă fiecare în serviciul său savanți cu renume. Ca și artele, știința venea din Italia, și aproape toții savanții francezi din prima jumătate a secolului al XVII-lea cunoșteau limba italiană, care era, alături de latină, prima limbă științifică. În 1603 se înființează la Roma, sub auspiciile prințului Federico Cesi, prima academie a savanților, *Academia dei Lincei*, din care va face parte și Galilei. O jumătate de secol mai tîrziu, marele duce de Toscana, Ferdinand al II-lea, dorind să aibă la Florența propriul său grup de savanți, creează *Accademia del Cimento* (Academia experienței), unde între 1657 și 1667 se vor găsi grupați Viviani, Borelli, Redi, Sténon și alții.

Un exemplu de ciudățenii și de primejdii la care era expusă tînăra știință îl constituie viața lui Galilei (1564—1642). Numit profesor de matematică la Pisa, orașul său natal, de către marele duce de Toscana, atras apoi la Padova de Senatul venețian, de îndată ce-și manifestă acolo capacitățile, este rechemat imediat la Florența de marele duce. Și totuși, el nu poate fi scăpat de procesul din 1633. Exilul său la Arcetri, unde a și murit, a fost îndulcit de

[1] R. DESCARTES, *Discurs asupra metodei*, Ed. Științifică, București, 1957. — *N.R.*

prezența alături de el, a discipolului său, Viviani, precum și de cea a lui Torricelli. Mai mult, el a putut chiar să redacteze și să publice în 1638 *Discursurile*.

FLANDRA ȘI ȚĂRILE DE JOS. Țări bogate și industriale ca și Italia, Flandra și Țările de Jos se instalează și ele foarte curînd în fruntea progresului. Se știe că Descartes a fost îndrumat spre cercetarea științifică de către Isaac Beeckman, un savant mult timp uitat și redescoperit în zilele noastre mulțumită erudiției lui C. de Waard. La Bruges, apoi în Olanda, Simon Stevin (1548—1620), matematician și inginer care a construit digurile din Olanda, este un exemplu perfect de interesul pe care-l putea stîrni în aceste provincii o fizică eliberată, în sfîrșit, de speculații și pusă în serviciul omului. Antony van Leeuwenhoek (1632—1723) este un fabricant de postav din Delft, căruia i se vor încredința importante sarcini municipale și sindicale, dar care nu-și va părăsi niciodată tejgheaua sa și masa sa de experiențe pentru o catedră într-o instituție de învățămînt. Savanții și cercetătorii care, asemenea lui Descartes, se îndreptau în număr mare și din multe țări ale Europei, spre aceste provincii cu oameni de știință serioși și bine informați, veneau adesea să caute aici și o libertate de exprimare pe care nu totdeauna o găseau în țările lor.

Nu mai puțin valoroasă a fost, în această țară a lui Plantin, activitatea marilor editori, în primul rînd a familiei Elzevir, căreia Galilei, din îndepărtata sa Italie, i-a încredințat editarea *Discursurilor* sale, dar și a altora, ca Jean Maire, care a publicat *Discursul asupra metodei*. Un înalt funcționar de stat, Constantin Huygens, și-a pus inteligența și influența în serviciul unor savanți francezi, ca Descartes și Mersenne. Aceștia au intuit de timpuriu geniul fiului acestuia, Christiaan Huygens (1629—1695), a cărui operă matematică și fizică asigură legătura dintre opera lui Galilei și cea a lui Newton. Christiaan însuși pleacă în Franța, unde va rămîne între 1666 și pînă 1681, primind pînă la moarte o pensie din partea lui Ludovic al XIV-lea și fiind numit membru al Academiei de Științe.

ANGLIA. O mișcare paralelă se conturează în Anglia. Mari călători — deseori chiar împotriva voinței lor, cînd sînt nevoiți să se exileze din cauza tulburărilor sociale —, savanții englezi au vizitat în lung și în lat Franța, Italia, Țările de Jos.

Știința secolului al XVII-lea apare însă la ei acasă, o dată cu William Gilbert (1540—1603), și cu lucrarea acestuia, *De magnete* (din 1600). Medic al reginei Elisabeta, apoi al lui Iacob I, el a lăsat la moartea sa scrieri valoroase care nu vor fi publicate decît în 1651 de către fratele său sub titlul *De mundo nostro sublunari philosophia nova*. Mult, mai cunoscut, Francis Bacon (1561—1626) nu este de aceeași valoare științifică și, în particular, nu înțelege că știința nouă va fi o știință matematică. Mai mult filozof decît om de știință, el a avut în schimb curajul să-i îndemne pe savanți să se apuce din nou de muncă, arătîndu-le că vechea fizică era depășită. S-a străduit să lege teoria de practică; cancelar al Angliei înainte de a-și fi pierdut postul în urma unui proces care mai întîi l-a aruncat în închisoare iar apoi l-a silit la o retragere neferi-

cită, el s-a folosit de autoritatea sa pentru a reabilita savantul de laborator multă vreme considerat peiorativ drept un simplu meșteșugar. Doi ani înainte de publicarea lucrării sale *Novum organum* (1620), la curtea lui Iacob I este promovat marele William Harvey (1578—1657), care, în 1628, prin lucrarea sa, *Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus*, va da peste cap ideile milenare cu privire la circulația sîngelui.

Bacon insistase mult asupra necesității schimburilor intelectuale și apelul lui a fost ascultat. Tradiția baconiană este întreținută mai ales într-un cerc științific — stabilit mai întîi la Cambridge și mutat mai tîrziu la Londra — înființat la îndemnul lui Theodore Haak, un german care trăia în Anglia. Un alt grup de savanți s-a constituit la Oxford, și a fost suficient de tentant pentru a-l atrage pe Robert Boyle (1627—1691), acest mare senior care era în același timp și un mare om de știință. La 28 noiembrie 1660, la Gresham College, ia ființă Royal Society. Faimoasele „Philosophical Transactions" încep să apară în 1665 sub autoritatea personală a lui Oldenburg, venit și el din Germania, dar nu vor deveni organul oficial al Royal Society decît în secolul al XVIII-lea. Dar, chiar de la primele lor apariții, ele contribuie viguros la răspîndirea în Anglia și în întreaga Europă a descoperirilor și ideilor noi.

Și tot în Anglia știința secolului al XVII-lea atinge și perfecțiunea, în opera lui Isaac Newton (1643—1727) — ceea ce nu trebuie să ne facă însă să uităm meritele emulului și adversarului acestuia, Robert Hooke (1635—1703). Născut la cîteva luni după moartea lui Galilei, Newton avea să învingă incertitudinile primei etape a științei mecaniciste, realizînd o măreață sinteză, contestată încă de cartezieni și de Leibniz, dar care va domina secolul al XVIII-lea. Membru al parlamentului, ales în 1703 președinte al Royal Society și reales mereu pînă la moartea sa, el a avut satisfacția de a-și vedea geniul consacrat prin admirația entuziastă a compatrioților săi.

FRANȚA. În Franța, primele grupuri de savanți sînt proteguite de doi mari seniori, moștenitori (cel puțin de circumstanță) ai tradițiilor italiene sau cu înclinație pentru aceste tradiții: Peiresc, consilier în parlamentul din Provence și Mazarin, care înființează splendida sa bibliotecă, instalează acolo pe Gabriel Naude — un om cu multă inițiativă — și protejează alcătuirea mai multor lucrări de știință care îi vor fi dedicate. Marile orașe provinciale adăpostesc savanți sau eruditi de valoare: Peiresc la Aix-en-Provence, Fermat la Toulouse, Étienne Pascal la Clermont-Ferrand apoi la Rouen. Procesul de centralizare este însă încă de pe acum în curs de desfășurare și viața științifică va evolua în special la Paris.

Atît la Paris cît și în provincie, ea datorează foarte puțin universităților, care se încăpățînează să rămînă scolastice și sînt întrecute de Colegiul Regal unde-și desfășoară activitatea Gassendi și Roberval. Frații Dupuy strîng un grup cu opinii foarte libere. Dar cel mai mare organizator al unei vieți științifice colective a fost părintele Marin Mersenne (1588—1648), un călugăr din ordinul Minimilor care și-a consacrat viața științei. Încă în 1634, el scrie că „științele au jurat să trăiască într-o inviolabilă asociație". Este deci ne-

cesar ca specialiștii fiecărei științe să se consulte între ei și să-și confrunte descoperirile. Știința ar fi progresat mult mai mult, dacă ar fi fost încetățenită practica de a lucra împreună: „Nu sînt — adaugă el — primul care formulează aceste plîngeri", și este timpul să se treacă la acțiune. Acțiunea lui va fi acea Corespondență cu care va asigura legătura dintre savanții întregii lumi — căci, el trimite scrisori pînă și la Constantinopol și în Transilvania — și va descătușa din singurătatea lor numeroși savanți din provincie. Acțiunea lui va fi tipărirea *Mecanicii lui Galilei* (*Mécanique de Galilée*) apoi a *Noilor idei ale lui Galilei* (*Nouvells pensées de Galilée*), publicarea în 1634 a cinci lucrări „recreative" despre știință; va fi în sfîrșit, în 1635, participarea, alături de grupul Dupuy, la înființarea acelei *Academia parisiensis*, primă întruchipare a unui mare vis, căci dorința lui era să grupeze oamenii de știință din toate domeniile. După ce Academia Franceză va consacra salonul lui Conrart, înființarea de către Colbert a Academiei de Științe în 1666 va însemna reluarea oficială a acestor acțiuni particulare. Începînd din 1665, nu fără incidente și întreruperi, apare publicația „Journal des Savants". Se știe că, după moartea lui Descartes, „vîrtejurile și lumile căzătoare" vor fi discutate pînă și în saloanele „prețioaselor".

Două mari nume de savanți francezi din secolul al XVII-lea ne amintesc că, dincolo de unitatea aparentă la care ar vrea s-o reducă o istorie grăbită, știința se arată de o diversitate și o varietate infinite, căutînd adevărul pe căi uneori diametral opuse. Descartes (1596—1650), care de altfel a petrecut mai mulți ani de studiu în Olanda decît la Paris și care a murit la Stockholm, este teoreticianul care își propune să refacă, dar pe baza unor alte principii, o știință deductivă așa cum era și știința lui Aristotel; Pascal (1623—1662), dimpotrivă, este un experimentator prudent, care nu are încredere în principii, văzînd în ele simple rezumate provizorii ale faptelor dobîndite. Această tendință, al cărei reprezentant a fost și Roberval (1602—1675), este în acea perioadă cu mult mai frecventă și urmarea este că, mulțumită acestui pragmatism, primele formule ale unei științe pozitive și chiar pozitiviste vor fi enunțate de doi călugări, Mersenne și Malebranche (1638—1715), acesta din urmă pe cît de savant tot atît de mistic. Astfel, în Franța, în pofida condamnării din 1633, noua fizică va pătrunde fără prea mari dificultăți în mijlocul unui public foarte larg.

EUROPA CENTRALĂ. În Europa centrală, mediul oamenilor de știință se formează mult mai încet. La 29 septembrie 1646, principesa Elisabeta scrie din Berlin lui Descartes că a găsit acolo foarte puțini învățați „ceea ce se explică prin faptul că aici tot poporul este atît de sărac, încît nimeni nu studiază sau nu raționează decît pentru a trăi". În tumultul politic, fiecare savant își caută norocul unde poate: Tycho Brahe la Hveen, apoi la Praga, părintele Magni la Varșovia, Hevelius la Gdańsk. Sténon părăsește Danemarca natală pentru Italia. Dar totul depinde de starea de spirit a suveranului. „Evanghelizarea" științifică a Suediei nu a supraviețuit plecării reginei Cristina. Viața chinuită a lui Johann Kepler (1571—1630) — alungat de la catedra sa din Graz pentru opiniile sale protestante, primit dar prost plătit la

Praga și în alte părți, considerat suspect și la Linz, silit să-și apere mama într-un proces în care era acuzată de vrăjitorie, veșnic în căutare de subsidii promise care nu-i vin niciodată — arată cît de dificile erau pe atunci condițiile în care putea să trăiască în aceste țări, un savant nenorocos.

Mai tîrziu, savanții au cunoscut o stabilitate mai mare. Gottfried Wilhelm Leibniz (1646—1716), spirit universal, mare călător, consilier politic și diplomatic, găsește în biblioteca de la Hanovra, al cărei conservator este, materiale din belșug cu care să-și alimenteze prodigioasa erudiție și folosește marea sa influență spre a răspîndi „lumina". În 1700, el înființează Academia de Științe din Berlin. Colaborează la publicația „Acta eruditorum" chiar de la apariția ei la Leipzig, în 1682. Această publicație a adus științei incalculabile servicii atît prin înalta ei ținută, cît și prin faptul că, fiind redactată în latină, era direct accesibilă savanților din toate țările

DE LA CABINETUL DE FIZICĂ ÎN LABORATOR. În afară de activitatea academiilor și a revistelor de știință, trebuie să semnalăm prestigiul de care se bucurau colecțiile particulare sau, cum se spunea pe atunci, „cabinetele". De fapt, în aceste cabinete se găsesc de toate: de multe ori ele seamănă cu niște bazaruri. Grupul Dupuy își ține adunările în cabinetul celor doi frați care l-au înființat; Mersenne are și el un cabinet personal care cuprinde mai ales instrumente de fizică; la Roma cabinetul părintetui Kircher este mai variat și cuprinde fosile, cristale, dinți și coarne de rinocer etc. Dar în alte cabinete din Roma puteau fi văzute lucruri și mai rare, de pildă: doi splendizi dragoni împăiați (dragoni veritabili, ca cei din legende), unul la muzeul Barberini, celălalt la muzeul Aldrovandi! Să nu fim însă prea severi în aprecierea acestor debuturi tumultoase ale erudiției științifice. Fiind formați în atmosfera speculațiilor „fizicienilor" scolastici, savanții sînt atrași acum de fapte, de detalii caracteristice. Călătorii, continuînd să se intereseze de moravurile țărilor pe care le străbat, de amintirile istorice sau legendare, vizitează și pe savanții locali, observă salinele maritime, minele, peșterile, fac observații asupra timpului, notează remediile folosite în regiunea respectivă etc. Întorcîndu-se în țările lor, ei aduc documente interesante și însemnări inutile. Trierea începe să opereze în a doua jumătate a secolului, cînd ideile se clarifică. Se înmulțesc acum colecțiile oficiale sau particulare, grădinile botanice, ca, de altfel, și observatoarele unor amatori. Părintele Humbert semnalează la Paris, între anii 1610 și 1667, nu mai puțin de 23 de observatoare. Iar spre sfîrșitul secolului se vor înființa și primele mari observatoare oficiale moderne, cel de la Paris (1672) și cel de la Greenwich (1675).

B. „NATURA ESTE SCRISĂ ÎN LIMBAJ MATEMATIC"

Această afirmație, figurează încă din 1623 în lucrarea lui Galilei *Saggiatore*. Este o formulă deosebit de revoluționară. Ea este cea care, cel puțin pentru savanți, năruie Natura antică, concepută ca o organizare de substanță,

de forme și de calități, și scoate la iveală o Natură nouă, ansamblu coordonat de fenomene *cantitative*. Prin ea este inversat însuși sensul cercetării științifice.

INTUIREA APRIORICĂ A MATEMATICII. Afirmația aceasta este însă nu numai revoluționară, ci și ciudat de hazardată pentru anii aceia. Este adevărat că Galilei studia deja de douăzeci de ani căderea corpurilor, dar el nu va publica formule satisfăcătoare decît în 1632, în *Dialogo*. Pentru a afirma, în 1623, că natura are un conținut matematic, nu existau încă, în planul faptelor, decît vechile însemnări cu privire la lungimea coardelor vibrante, legea inexactă a refracției formulată de Kepler, principiul lui Arhimede, principiul pîrghiei și, din 1609, legile lui Kepler, o contribuție fără îndoială prestigioasă, dar se știe cît de rezervat se arăta Galilei față de descoperirile lui Kepler. În orice caz, între constatarea existenței cîtorva relații numerice constante și sentința din *Saggiatore* există o adevărată prăpastie. Nu mai puțin sugestiv este cazul lui Descartes. El visa să construiască, independent și înainte de orice experiență, o cunoaștere certă așezată „pe temeliile atît de ferme și atît de solide" ale matematicii. Dar cazul lui Galilei sau al lui Descartes este cazul întregii generații de savanți din acea epocă. „Să scrii astăzi cărți de matematică și mai ales de astronomie, scrie Kepler în prefața la *Astronomia nova* (1609), este o treabă foarte grea". Lectura lor rămîne dificilă și „din această cauză nu se găsesc astăzi decît foarte puțini cititori adevărați... Pe mine însumi, mărturisește el, mă obosește să-mi citesc opera, deși sînt considerat un matematician". Și totuși cutează, și el, să matematizeze Natura.

NOUL PITAGORISM. Într-adevăr, ceea ce trebuia perfecționat era însuși instrumentul matematic. După greci, el rămăsese aproape nefolosit. „Cîți matematicieni există astăzi, scrie același Kepler, care să-și fi dat osteneala să citească în întregime *Conicele* lui Apollonios" și totuși de la aceste baze antice — la care se adaugă algebra lui Cardano și a lui Viète — vor porni matematicienii secolului pentru a merge mai departe, alegîndu-și fiecare direcția proprie geniului său.

Se înțelege că într-o epocă în care nu erau încă descoperite decît foarte puține legi cantitative, în care lipsea însuși instrumentul matematic— instrument matematic care trebuia mai întîi recreat — și în care cei mai mari savanți nu aveau încă obișnuința calculului, ideea matematizării Naturii, comună tuturor savanților din prima generație, n-a însemnat nicidecum *constatarea unui fapt*, ci o anticipare a spiritului, un splendid apriori. Pentru ca faptele să înceapă să se înscrie în cadrul matematicii, trebuia mai întîi stabilit acest cadru, iar pentru aceasta era nevoie, în primul rînd, să se conceapă — sau să se intuiască — utilitatea lui. La primii lor pași, Kepler, Galilei, Descartes nu fac decît să reia visul lui Pitagora —, visul care l-a făcut la început pe Kepler să-și piardă busola în doctrina armoniei sferelor —, visul lui Platon pitagoreicul și matematicianul, prea multă vreme neglijat în favoarea

lui Platon — creatorul de mituri. Treptat, ei aveau să facă din acest vis o realitate. Este însă incontestabil că pentru savanții primei generații, spiritul științific o luase înaintea faptelor.

C. TRANSFORMAREA NOȚIUNII DE ȘTIINȚĂ

Într-adevăr, ceea ce preocupă este atît de puțin simpla augmentare a observațiilor antice prin observații de același ordin, încît savanții sînt pe deplin conștienți că ei construiesc o „filozofie nouă", ceea ce, în limbajul timpului, însemna automat și o știință nouă. În fapt, fizica cantitativă nu mai are practic nici o legătură cu fizica calităților.

Ea își definește cu prudență direcția de acțiune: „Nu vreau totuși, scrie Mersenne, construind o acustică complet matematică, să resping complet orice element intențional" și arată că sunetul auzit este nu numai o vibrare a aerului, ci și o construcție a organului senzorial. Este oare o manifestare de prudență în fața susceptibilității savanților cu ranguri înalte? Nu — este sentimentul complexității realului, mărturisirea justificată a faptului că traducerea cantitativă a fenomenelor este o abstractizare — o abstractizare fecundă, dar care nu se poate substitui senzației. O amintire fericită a formației sale scolastice.

Oricum ar fi, începînd cu secolul al XVII-lea, „obiectul științific" încetează de a mai fi calitatea percepută și devine cantitatea măsurată — cu excepția, bineînțeles, a domeniului chimiei și cel al științelor naturale.

NOȚIUNEA DE FENOMEN. În același timp este definită în sensul modern, pe atunci cu totul nou, noțiunea de *fenomen*, această abstracție cantitativă care nu redă obiectele în întregul lor.

Pînă atunci, termenul de *știință* (ἐπιστήμη) era rezervat cunoașterii *esenței* (τὸ ὄν), adică a lucrurilor eterne. Fenomenul (φαινόμενον), adică *aparența*, nu era decît o degradare accidentală a esenței. El nu constituia un obiect de știință, ci era pur și simplu obiect al *opiniei* (δόξα). Pentru orice știință demnă de acest nume, a explica însemna a realiza ascensiunea de la aparență la lucrul în sine.

În același timp, o separare asemănătoare există între *știință* care este contemplarea adevărurilor eterne, și *artă* (în sensul de „meșteșug"), care este o manipulare empirică a aparențelor. Arta „imită" Natura, dar nu o poate sesiza niciodată: de pildă, un produs de sinteză obținut în laborator nu poate niciodată să aibă structura exactă a unui produs „natural".

Ei bine, savanții secolului al XVII-lea răstoarnă complet acest mod de a gîndi. Ei nu numai că îl abandonează pe Aristotel, dar nici pitagorismul lor nu mai este contemplativ, ci devine activ; ei vor să matematizeze Natura, pentru a o înfățișa ca o mașină imensă pe care, în principiu, am putea-o noi înșine reproduce, desigur nu în ființa ei, dar cel puțin în legile ei. Împreună cu Pitagora este redescoperit Arhimede, ceea ce înseamnă că se elimină distincția dintre știință și artă și totodată că se concepe cunoașterea „fenomenelor" ca o

percepere — cel puțin parțială — a Naturii însăși, deci ca o știință. De la Bacon la autorii secolului al XVIII-lea putem urmări, pas cu pas, acest proces uluitor, care va răsturna sensul cuvintelor-cheie ale întregii epistemologii.

Ca om de știință, Bacon rămîne totuși un om al mentalității vechi; ca filozof, el își dă seama foarte clar de programul ideal al noii științe. E vorba de a manipula concretul cu scopul de a-l gîndi prin teorii exacte, iar „arta", această activitate de manipulare a lucrurilor, pînă atunci disprețuită — poate pentru că era încă neputincioasă —, urmează să devină colaboratorul indispensabil al „științei" teoretice. După cum a arătat foarte bine P.M. Schuhl, această unire a teoriei cu practica era pe atunci o noutate revoluționară. În locul vechii formule — a cunoaște înseamnă a contempla — ea proclama una cu totul nouă: a cunoaște înseamnă a ști să reproduci.

UN SAVANT DE TIP NOU. Bacon însuși, Galilei — discipolul „divinului Arhimede", Descartes, cel pentru care toate lucrurile create artificial sînt totodată și lucruri naturale, Mersenne și toți savanții noii școli introduc aproape cu forța „savantul de laborator" în incinta pînă atunci rezervată „savantului" pur, savantului care meditează asupra esențelor. Menționăm de altfel, că dacă acest savant proaspăt promovat vrea să aibă instrumente bune, el trebuie deseori să și le construiască singur.

„Fenomenul" capătă o valoare nouă. Pentru a-l explica, tînăra știință nu mai caută, așa cum făcea știința veche, să-l lege de principii metafizice, ci îl consideră ca un dat coerent, și-l explică descoperind regulile acestei coerențe, adică legile. Modelele mecanice propuse de *mathematici* [cei care explicau cantitativ fenomenele — *N.T.*] nu aveau în vechea știință decît valoare de „ipoteză"; în știința nouă, ele devin totul.

În secolul al XVII-lea, pasiunea pentru automate se accentuează: peșteri magice, „perspective curioase", perfecționarea ceasornicelor. Dar ceea ce s-a reușit să se realizeze în acea perioadă nu este nimic față de ceea ce se proiectează, deoarece, în mod ideal, Natura este concepută ca un automat nemărginit de mare. Pentru Descartes, sufletul comandă mișcările corpului, așa cum fîntînarul comandă vanele sau așa cum organistul trimite aer prin tuburile alese.

Apar, de asemenea, primele modele la scară redusă. Gilbert studiază magnetismul și electricitatea terestră cu ajutorul *terrelae*-lor, niște magneți sferici, care reprezintă pentru el „mici pămînturi". Descartes folosește o eolipilă pentru a studia mișcarea vaporilor. Părintele Fournier imaginează cu același scop un turn cu deschizături dispuse în mod savant.

GÎNDIREA MECANICISTĂ. Astfel ia naștere *o fizică mecanicistă*, prin extrapolare — *o biologie mecanicistă*, iar la Hobbes — chiar *o psihologie mecanicistă*, a căror „artă" (*id est* practicare — *N.T.*) pretinde că reface Natura și, în consecință, aceste discipline merită pe deplin numele de „știință".

Însă în secolul al XVII-lea, această știință nu este nicidecum dogmatică — poziția lui Descartes constituie o excepție. Rezerva lui Mersenne — știința reconstituie imaginea lucrurilor, dar lucrurile au natura lor proprie — este

împărtășită de aproape toți contemporanii. Cu alte cuvinte, știința mecanicistă nu este în nici un caz o explicație totală, ci lasă loc și pentru o atitudine filozofică: pragmatistă la Mersenne, Gassendi, Roberval și la majoritatea savanților secolului, mistică la Pascal, metafizică la Descartes și la Newton. În acest dialog incipient între filozofi și savanți moderni, Malebranche enunță o formulă care se va bucura de un mare răsunet : să lăsăm în seama metafizicii studiul misterioasei puteri „eficiente" a cauzelor; cît despre știință, ea trebuie să se mulțumească cu cunoașterea legilor.

RĂSTURNAREA VALORILOR. Tînăra fizică va căuta însă din ce în ce mai mult să acapareze numai pentru sine termenul de „știință", căruia i se atribuie o valoare atît de înaltă. Roberval pare să fi fost primul agnostic în sensul modern al cuvîntului, care nu înseamnă nicidecum sceptic în accepția antică, ci savant care nu se încrede decît în știință.

Astfel, de la Bacon pînă în secolul al XVIII-lea, asistăm la insinuarea la început timidă, apoi cu tot mai multă siguranță, a cunoașterii — și a manipulării fenomenelor, în domeniul rezervat „științei", unde ea face casă bună cu metafizica. În curînd, deși cuvîntul *sçavan* (savant) continuă să-l desemneze și pe erudit, de pildă în „Journal des Sçavans", — ea va rămîne „singura știință" în accepția nouă, de unde tentația — la unii filozofi — de a rezerva metafizicii problemele de „opinie": este aici o aventură extraordinară, care trece cu totul neobservată, dacă ne mărginim exclusiv la cuvinte, dar care implică, dincolo de permanența acestor cuvinte, o adevărată inversare a semnificațiilor lor.

„REFORMA CREIERILOR". Știința și-a schimbat semnificația din cauză că spiritul omului s-a schimbat. „Experiența ne arată destul de clar, constată Malebranche, că nu este posibil să convingi un cartezian cu ajutorul principiilor lui Aristotel și nici un peripatetician cu ajutorul principiilor lui Descartes". Pentru acest „nou spirit științific", studierea „aparențelor sensibile" a încetat de a mai fi o ocupație tentantă. Galilei a înțeles pe deplin neliniștea savanților de școală veche (*Dialogo*, 1632): a-i smulge din contemplarea „naturilor" eterne însemna a le distruge „acel azil, acel Pritaneu" în care își găsiseră adăpost. Pentru a răspîndi noua știință „trebuie mai întîi să ne străduim să prefacem creierul [= modul de a gîndi — *N.T.*] omului". De ce să admirăm cerurile imuabile? Viața este în mișcare, în ciclul care cunoaște nașterea și degradarea. Restul este inutil, vrednic de dispreț și mort. Dar ideea aceasta fusese formulată deja în *De magnete* a lui Gilbert apărută — ca un simbol — la început de secol, în 1600, lucrare de care Galilei vorbește „cu laudă și invidie", și care trebuie considerată, într-adevăr, drept una dintre bazele noului spirit științific. Aristotelicii, scrie Gilbert, spun că natura caută repausul: „Dar orice generație se naște din mișcare, fără de care Natura însăși ar adormi". Iată deci de ce el este, în felul său, un copernican și de ce crede într-un „suflet magnetic" al Pămîntului, idee pe care nu o vor disprețui nici Galilei și nici chiar Newton. Lipsind Pămîntul de mișcare, în timp ce toți aștrii se mișcă, anticii l-au redus

la o condiție mizerabilă: „Pentru ei numai Pămîntul — lepădătură nefericită a lumii — este imperfect, mort, neînsuflețit și inutil"[2].

„Reforma creierilor" implica deci o reformă a afectivității care îndrăznește să părăsească „azilul" esențelor imuabilelor pentru a studia „fenomenul" schimbător. Am fi departe de adevăr dacă, pentru a explica spiritul nou, am invoca părăsirea metodei autorității! După cum arată Galilei, Gilbert a fost primul mare inițiator — noi am spune, primul martor autentic — al acestei convertiri. El a luptat împotriva „nevolniciei spiritului popular" care se mulțumește să repete și refuză orice noutate. Într-adevăr, Gilbert acuză spiritul de lene, și motoul lucrării sale exprimă esența ideii sale: erudiții se pierd în speculații care bat pasul pe loc; „scriu numai pentru voi, cei care știți realmente să filozofați, pentru voi cei fără idei preconcepute, care căutați știința nu numai în cărți, ci în lucrurile înseși; pentru voi am scris aceste principii ale magnetismului, *născute dintr-un mod nou de a filozofa*". De la Bacon la Pascal și la Malebranche, savanții nu vor face decît să răspundă la acest apel. Noul spirit științific înseamnă renunțarea la știința contemplativă și convertirea la „mobilismul" modern — corectat însă printr-o metafizică.

D. DE LA COSMOS LA UNIVERS

O dovadă indiscutabilă că această reformă a spiritului, departe de a fi fost o consecință a progresului tehnic, din contra, l-a precedat în numeroase cazuri, o constituie istoria trecerii de la cosmos la univers.

Cosmosul, conceput ca un tot ordonat și finalizat, imuabil, ierarhizat, limitat la sfera fixelor, începe să se clatine în gîndirea modernă o dată cu *Docta ignorantia* a lui Nicolaus Cusanus (1440). Împreună cu el omul a început să părăsească „azilul" în care se refugiau încă atîția contemporani ai lui Galilei. Pentru Nicolaus Cusanus nu mai există un centru care să poată fi atribuit lumii; Copernic construiește apoi un sistem heliocentric, iar Bruno reia ideea lumii infinite.

Trebuie remarcat că la început aceste idei au fost formulate ca idei apriorice, ca o năzuință spre infinit și mișcare, fără vreo legătură cu experiența exterioară. Această năruire a sferei cerești seamănă cu o evadare.

LUMEA — SISTEM DE FORȚE. Așa stăteau lucrurile la începutul secolului al XVII-lea. Știm însă că mobilismul cîștigase de acum partida și mai știm că savanții vor începe să se ocupe de fenomene. Urmarea va fi că în aceste speculații, care rămîneau niște viziuni ale spiritului, va fi introdusă realitatea lucrurilor.

Și în acest proces Gilbert ocupă un loc aparte. Fără îndoială, el nu spune nimic despre o mișcare a Pămîntului în jurul Soarelui, dar ca și Copernic, el

[2] GILBERT, *De magnete*, Londra, 1600, Cartea a V-a, cap. XII, p. 209. Galilei repetă aceleași cuvinte în *Dialogo* (*Opere*, vol. VII, pp. 82-83).

pune Pămîntul să se rotească în jurul axei proprii și — ceea ce n-a făcut Copernic — caută o cauză *fizică* a acestei rotații. Pentru el, Pămîntul este un magnet și socotește — unica greșeală pe care i-o reproșează Galilei — că ceea ce îl face să se rotească este propria lui forță magnetică. Afară de aceasta, fiind înzestrat cu doi poli magnetici, Pămîntul devine o realitate fizică în centrul unui sistem de forțe, ceea ce înseamnă un progres imens față de cinematica lui Copernic.

Kepler, adevăratul întemeietor al heliocentrismului științific, vede și el în planete și în Soare niște magneți. El depășește însă cu mult intuițiile lui Gilbert, construind, în sfîrșit, „un sistem solar", cu forțe motrice — de atracție și magnetice — și descrie mișcări corecte. Pentru a ajunge la aceasta, el a trebuit —cu prețul cîtor scrupule și eforturi !— să rupă, în sfîrșit, cu vechea magie a mișcării circulare, ceea ce a însemnat nu numai o izbîndă a calculului, ci și prăbușirea unei dogme seculare. În plus, deși spațiul său rămîne finit și limitat de sfera fixelor, nu mai este vorba de un spațiu calitativ: în el nu mai există „locuri naturale", toate „locurile" sînt echivalente. Și în această privință, progresul tehnicii implica o nouă viziune a lucrurilor.

UNIVERS SCHIMBĂTOR; UNIVERS „INDEFINIT". În 1609, Kepler lasă încă stelele (fixe) în afara datelor stabilite pentru celelalte corpuri cerești. Dar iată că, începînd cu 1610, luneta astronomică descoperă pete pe Soare și munți pe Lună. Simplicio din *Dialogo* lui Galilei nu se poate resemna în fața acestor noutăți scandaloase care lipseau aștrii de natura lor neschimbată și sugerau, mai hotărît decît oricînd, ideea că Pămîntul este un astru ca oricare altul. Dar obiecțiile sale nu puteau să-i oprească pe inovatori, și aceasta nu numai pentru că ele erau lipsite de valoare, ci și pentru că faptele noi serveau cît se poate de pertinent dorința fermă de a „fenomenaliza" lumea astrală.

Desigur, astronomia lui Galilei nu marchează un progres în raport cu cea a lui Kepler; însă el a popularizat heliocentrismul, iar procesul său l-a făcut celebru. Și dacă greșește, ezitînd să-l urmeze cu hotărîre pe Kepler în problema formei eliptice a traiectoriei planetelor (atît de puternic era, chiar pentru un spirit ca al lui Galilei, vechiul prestigiu al mișcării circulare), în schimb el lărgește hotarele universului. Reluînd aproape întocmai formula lui Nicolaus Cusanus — mai puțin compromițătoare decît cea a lui Giordano Bruno — el refuză să decidă dacă lumea este finită sau infinită, dar insinuează că ideea unei lumi finite nu are altă bază decît antropocentrismul nostru spontan. Această soluție a lumii „indefinite" este și cea pe care o va adopta Descartes. Este vorba oare de o formulă prudentă, după destinul tragic al lui Bruno? Nu este sigur. În orice caz, esențialul fusese realizat: sfera fixelor se dizolvase în noul univers.

UNIFICAREA FIZICII CEREȘTI CU FIZICA TERESTRĂ. Marele titlu de glorie al lui Galilei rămîne, alături de curajul de care a dat dovadă în fața încercărilor, dinamica sa. Această dinamică respinge orice probabilitate a geocentrismului și începe să combată argumentația lui Tycho Brahe, care nu voia ca Pămîntul să fie un astru ca oricare altul. Lumea va trebui însă să-i aștepte pe Hooke și pe Newton, pentru ca fizica cerească și fizica pămîntească să fie realmente

unite într-o știință unică. Se poate afirma deci că acest progres senzațional va reclama un efort constant de un secol. Pentru Galilei, Pămîntul în mișcare nu dezvoltă încă în corpurile în cădere liberă o forță tangențială rectilinie. Borelli „a îndrăznit — pentru prima dată în istorie — să introducă forțele centrifuge în mecanica cerească", dar cînd este vorba să studieze efectul unei asemenea forțe în procesul căderii corpurilor grele pe Pămînt, el dă înapoi și revine la răspunsul — insuficient — pe care Galilei l-a opus lui Tycho. Chiar și pentru adepții noii școli nu a fost de loc ușor să se vadă în Pămînt o simplă planetă! Abia Newton va arăta că forțele care acționează pe globul nostru și cele care acționează în ceruri sînt realmente *aceleași forțe*. De la aștrii „care prin însăși natura lor nu au greutate" la aștrii pe care i-a „cîntărit" Newton a fost un drum lung și a trebuit depășită o serioasă barieră psihologică.

CĂDERE SAU ATRACȚIE? De la Gilbert la Newton, trecînd prin Kepler, ideea *atracției* (concepută la început ca o forță magnetică) s-a impus în detrimentul vechii idei a corpurilor care cad, fiind *împinse* de dorința lor de a-și reocupa locul natural. Descartes rămîne de o parte, ca și Malebranche, terorizat de această *vis attractiva*, în care vede o virtute ocultă. Pentru el, ca și pentru aristotelici, corpurile sînt *împinse*, dar, de data aceasta, prin vîrtejuri mecanice. Disputa aceasta nu este decît un aspect al luptei dintre mecanicism și dinamism, cu care ne vom mai întîlni.

LUMEA ARE O ISTORIE. În schimb, Descartes face mai mult decît oricare altul pentru a demonstra că Pămîntul și aștrii sînt de aceeași natură. Petele de pe Soare l-au făcut să-și dea seama că acest astru și deci toate stelele au o istorie, că Pămîntul este „o stea" care s-a răcit, că cerul este, așa cum intuise Bruno, o juxtapunere de aștri echivalenți între ei, care ascultă de aceleași legi. Părintele Kircher exploatează această idee și lucrarea sa polemică, dar valoroasă, *Mundus subterraneus* (1664—1665) poate fi considerată drept prima lucrare de geologie modernă.

Dar cîte obstacole au trebuit să fie învinse pentru ca să se nască această știință! Pentru a înțelege interesul pe care-l poate prezenta observarea interiorului Pămîntului, trebuia — așa cum arată textual Descartes și Kircher — să fie destrămate mai întîi scrupulele savanților de școală veche care considerau că fenomenele „de dedesubt" se explică prin cele „de deasupra" (meteorii supratereștri). În afară de aceasta, să nu uităm că pe atunci Pămîntul era un „element", deci un principiu simplu care nu reclama nici observație, nici analiză. Galilei se vede nevoit să argumenteze pagini întregi din *Dialogo* încercînd să-l convingă pe Simplicio că Pămîntul nu este un element și deci nu este o formație simplă, ci un agregat de corpuri foarte complexe. Și în această problemă, pentru ca ochii să înceapă să vadă, trebuia mai întîi schimbată optica, modul de gîndire. Sténon își dă seama — și o spune — cît de mult datorează, dacă nu științei lui Descartes, cel puțin spiritului cartezian; dar va trebui ca acest spirit nou să se impună, înainte de a fi plătite, în fine, tributul de recunoștință cuvenit operei mult timp nesocotite a lui Bernard Palissy.

Pentru a trece de la cosmos la univers, au fost necesare nenumărate observații tehnice și calcule repetate neîncetat. Această reînnoire a lumii a fost într-un fel reversul înnoirii asemănătoare care se producea în mentalitatea științifică.

E. LUMEA DE DINCOLO DE PERCEPȚIE

Fizica calitativă considera drept realitate percepția imediată. După cum spune Brunschvicg, mecanicismul substituie acestei realități *simțite* o realitate *gîndită*.

Dar între formula matematică și realitatea concretă distanța este foarte mare. Or, la începutul secolului, vechiul atomism care nu fusese reînnoit de pe vremea lui Epicur și a lui Lucrețiu, rămîne o creație a spiritului cu totul incapabilă să umple golul; vîrtejurile materiei subtile nu erau nici ele de mai mult folos.

De aceea, pînă la moartea lui Descartes, noua știință ne uimește, dar ne și sperie prin cutezanța ei. Cu excepția prudentului Mersenne, ea extrapolează cu o seninătate care ne dezarmează. Să ne gîndim la discuțiile nesfîrșite despre curba pe care trebuie s-o descrie un corp care cade „pînă în centrul Pămîntului", la răspunsurile hotărîte — dar false — ale lui Galilei, la construcția carteziană a unei *Lumi* în care totul este la fel de clar și de sigur ca în lumea lui Aristotel! Este o cutezanță fără îndoială, fericită, căci dacă „acești vechi moderni" și-ar fi dat seama, de la început, cît de complicate sînt lucrurile, s-ar fi descurajat. Rămîne totuși fapt că nici ei nu pot evada din strînsoarea percepțiilor încă foarte simple, deși acestea nu mai sînt, fără îndoială, percepțiile calitative ale aristotelicului, ci sînt percepțiile unor mecanicişti ale căror mașini rămîn rudimentare. De la atom pînă la stea, ei vor vedea totuși întreg universul ca o construcție după modelul acestor instrumente modeste.

Începînd cu 1650, noile metode se rafinează și noul spirit științific cîștigă în prudență și maturitate.

OBSERVAȚIA FINĂ ȘI SCRUPULUL ZECIMALELOR. Realizarea legăturii dintre *universul perceput* și cel *gîndit* datorează mult matematicienilor care se apropie de ideea de limită. Galilei, meditînd asupra acestor probleme o dată cu cercetarea lucrărilor lui Cavalieri despre indivizibile, consideră suprafețele și volumele corpurilor solide ca fiind compuse dintr-o infinitate de atomi lipsiți de întindere. Între percepție și realitate se intercalează astfel o zonă pe care o putem sesiza — dacă nu prin intuiție, cel puțin prin calcul.

O dată cu inventarea și apoi cu mînuirea calculului infinitezimal, începe inventarierea acestei zone intermediare, care nu este nici pură aparență sensibilă — atît de pătrunsă de subiectivism —, dar nici pură construcție aprioriică, ca atomismul de atunci, sau ca lumea vîrtejurilor.

Întreaga operă a lui Leibniz, cu principiul ei al indiscernabilelor, este un apel la observația fină, la înțelegerea complexității realului. Lui Descartes i-a lipsit conștiința acestei complexități și Leibniz scrie în *Animadversiones* despre

marele său rival că „acceptînd ca fiind demonstrate lucruri foarte nesigure, își expediază cititorul facil prin concizia sa dictatorială".

Și Malebranche constată că „lumea domnului Descartes" este prea frumoasă pentru a fi adevărată. Mașina lumii este infinit mai complicată decît mașinile noastre, chiar și decît acea mare mașină cosmică pe care ne-o imaginăm: „Natura nu este de loc abstractă; pîrghiile și roțile mecanice nu sînt linii și cercuri matematice... Se presupune, de pildă, că planetele descriu în mișcarea lor cercuri și elipse perfect regulate, ceea ce nu este de loc adevărat". Kepler, rupînd cu magia cercului, a îndrăznit să vadă traiectoria eliptică a planetelor. Eliberat de mit de către generația precedentă, spiritul începe acum să dobîndească scrupulul preciziei. Malebranche își dă seama că aceste elipse nu sînt perfecte, iar Newton explică efectiv de ce ele *nu pot fi* perfecte.

Tînăra știință începuse prin a-i demonstra lui Simplicio că „Pămîntul-element" nu era decît un concept care se implantase în masele largi. Cu trecerea anilor, ea își dă seama că și ea însăși acceptase, pînă și în formulele ei matematice, prea multe „elemente" care trebuie, la rîndul lor, să fie analizate. Începe atunci era observațiilor precise: experiențele de optică ale lui Malebranche și ale lui Newton, măsurarea precisă a meridianului (1671), a variațiilor greutății (1673), notele geologice ale lui Leibniz etc. Știința începe să capete o ținută cu adevărat modernă.

LUMEA MICROSCOPULUI. Am putea fi mirați de faptul că, în această ambianță, lucrările lui Leeuwenhoek, deși au stîrnit multă curiozitate, nu și-au adus contribuția de care erau capabile la elaborarea științei. Și cu toate acestea, cine altul a contribuit mai mult decît el pentru a face accesibilă această „lume de dincolo de percepție"?

Este drept că Robert Hooke îi pune la dispoziție paginile din „Transactions". El aduce însă împotriva doctrinei generației spontanee, pe care n-o agreează, fapte importante, dar vechea teorie, deși zdruncinată, de altfel de Redi, rămîne în picioare. El este pe cale să descopere microbii, dar nici un biolog nu trage concluziile cuvenite. Descoperirea capitală a spermatozoizilor pare să nu fi servit decît la o reațîțare a disputei asupra preformației și epigenezei. Dacă La Bruyère intuiește că lucrările lui Leeuwenhoek și ale lui Swammerdam dau, în sfîrșit, un sens concret speculațiilor tradiționale asupra viețuitoarelor care mișună în putreziciuni, savanții de profesie, cu excepția lui Hooke și — firește — a lui Leibniz — filozoful „micilor percepții" —, nu prea par să fi înțeles importanța generală a metodei.

Una dintre pricinile acestui eșec parțial rezidă, fără îndoială, în faptul că Leeuwenhoek, autodidact de geniu, era totuși prea puțin la curent cu marile probleme.

Există însă, incontestabil, și o altă cauză. După cum a spus Bacon, perceperea concretului presupune o lungă ucenicie. Ea cere de asemenea îndrăzneală; or, empirismul, care începe să domnească după moartea lui Descartes, nu mai știe să îndrăznească. La începutul secolului, noile imagini furnizate de telescop ridicaseră o adevărată problemă metafizică: ce semnificație are această trecere „de la neființă la ființă" a obiectelor care pînă atunci nu fuseseră vizibile?

Deruta pe care această problemă a pricinuit-o chiar și lui Galilei ne arată cît de greu le era savanților să coordoneze aceste obiecte noi, apărute într-adevăr din neant, cu obiectul percepției imediate care pînă atunci era singura „ființă". După 1650 problema nu se mai pune. Rămîne însă fapt că trecerea de la infim la datul pe care ni-l oferă experiența de toate zilele este mai ușoară în domeniul ideilor pure — fizice sau matematice — decît în planul observației. Leeuwenhoek a fost întrebat dacă a văzut atomii și atunci cînd a răspuns negativ, teoreticienii au pierdut încrederea în experiențele lui. Nimeni nu putea încă să bănuiască cît de lung avea să mai fie drumul! „Omenirea — scrie Cl. Dobell — poseda datele necesare precum și — așa cum s-a întîmplat — ipotezele convenabile: dar cursul istoriei a arătat că atît cunoașterea, cît și ideile au venit prea devreme".

Incontestabil, spiritul științific s-a maturizat de la Descartes la Malebranche și Newton, care face din nou ordine în domeniul principiilor fizicii, ținînd seama de datele noi. Dar recolta prea bogată cum era acea a „microscopiștilor" rămîne încă aproape cu totul neexploatată.

F. MECANICISM ȘI DINAMISM

Întreaga școală tînără a vrut să vadă în natură un prodigios automat. Spiritele și „virtuțile" sînt alungate din lucruri. După cum observă G. Canguilhem, se alungă chiar și viața din viu, iar cea mai îndrăzneață dintre extrapolările școlii este, indiscutabil, teoria animalelor-mașini. Este însă adevărat că în felul acesta, fizica era eliberată de imaginile animiste și că se întemeia o biologie mecanicistă care avea să aducă multe servicii științei.

În secolul al XVII-lea, discuțiile nu se referă la această metodă în ansamblul ei, care este admisă oarecum de toți savanții. Se poartă însă discuții înfocate pentru a ști din ce elemente este efectiv construită această mașină.

GEOMETRISMUL CARTEZIAN. Mecanicismul cartezian, ca unul care face parte din întregul sistem de concepții al lui Descartes, capătă un aspect cu totul particular. În măsura în care i-a fost cu putință, Descartes a conceput lumea ca o geometrie încarnată. De aici, identificarea, în concepția lui, a materiei, cu întinderea. În plus, faptul că nu cunoștea noțiunea de masă, imprecizia care va înconjura pînă la Boyle noțiunea de densitate i-au înlesnit definirea corpului exclusiv prin „mărimea" lui. „Nu greutatea, nici duritatea, nici culoarea, nici alte proprietăți nu constituie natura corpului, ci numai întinderea lui" (*Principii*, II, 4).

Dar aceste „mărimi" sînt în mișcare — ceea ce explică de ce există fenomene și există o lume. Dumnezeu a depus în lume o cantitate constantă de mișcare și Leibniz considera că poate denunța în această afirmație o „memorabilă greșeală a lui Descartes". Dar unde rezidă această mișcare și cum se transmite ea? Printr-o reacție împotriva fizicii vechi, dar și printr-o înclinare personală a spiritului său, Descartes manifestă o aversiune irezistibilă pentru tot ce poate

fi o forță (*virtus*) inerentă corpului. Corpul în sine nu are decît „întindere". Greutatea este împingerea pe care o primește de la materia subtilă. Dar putem oare spune că el o „primește"? Căci corpul tip nu are elasticitate; duritatea lui este rigiditatea unui solid geometric.

Principiul relativității mișcării, care se afirmă începînd cu Galilei, este dus de Descartes la consecințele lui extreme. Bineînțeles, el a putut să exagereze acest aspect al doctrinei sale pentru a explica prudent cum se face că Pămîntul poate să fie în repaus în mijlocul vîrtejului său. În unele cazuri, el trebuie să facă apel la puncte de reper privilegiate. Dar, în fond, această doctrină îi este scumpă: ea desăvîrșește „extenuarea" fenomenelor, și pentru el idealul ar fi să considere mașina lumii ca o gigantică epură articulată.

Identificarea materiei cu întinderea implică inexistența vidului, deoarece vidul ar fi o „întindere fără întindere". Ea implică, de asemenea, inexistența atomilor, deoarece atomul ar fi o „întindere indivizibilă".

Este însă evident că lumea nu este o epură. De aici, necesitatea de a admite existența unei materii subtile, a „forței de repaus" și a „acțiunii care transportă"; de aici — mecanica lui Descartes, „care este — cum scrie atît de frumos R. Dugas — o cinetică a ciocnirilor care face din lume un imens joc de biliard". El se apropie de noțiunea de masă cînd scrie: „cu cît un corp conține mai multă materie, cu atît are mai multă inerție naturală". Și, dacă el afirmă că „Dumnezeu este prima cauză a mișcării", în schimb, mișcările particulare sînt dirijate de „legile naturii", ceea ce repune în drepturi cauzele secunde.

Geometrismul funciar rămîne „păcatul originar, dar atît de fecund, al carteZianismului" (A. Koyré). Imaginea unui Dumnezeu geometru, care a construit o frumoasă epură și care, ca să se producă evenimente, imprimă figurilor mișcări de translație, mișcări care se „comunică" de la o figură la alta, „poposind" cît mai puțin posibil în fiecare dintre ele, ne permite să vorbim despre un platonicism aparte al lui Descartes. În fața realității, Descartes a fost uneori nevoit să facă ocoluri, dar ceea ce au preluat de la el contemporanii și urmașii imediați a fost această schemă: susținînd ocazionalismul, Malebranche nu are nici un moment impresia că rupe cu Descartes; în schimb, atribuind lucrurilor *o forță*, Leibniz și Newton știau că distrug întreaga lui filozofie.

„POPULAREA SPAȚIULUI". Îndărătul lumii-epuri va trebui totuși regăsită forța, așa cum îndărătul animalelor-mașini va trebui regăsită viața.

Tehnica progresa. Se va preciza ce anume trebuie înțeles prin acele forțe de repaus și de mișcare pe care Descartes le lăsase în umbră. Reflecțiile asupra primelor vor conduce, pe de o parte, la noțiunea de masă, iar pe de altă parte, la un studiu metodic al fenomenelor de elasticitate: corpul absolut dur al lui Descartes nu există; corpul rezistă și transmite mișcarea pentru că are o structură și funcționează ca un „resort". În ceea ce privește forțele de mișcare, se va descoperi foarte curînd, începînd cu Huygens, că a treia lege carteziană a mișcării este falsă: ceea ce se păstrează cel mai adesea este nu mișcarea, ci forța vie, adică — în viziunea lui Leibniz — o anumită „eficiență" a mobilului. Mergînd pe două căi diferite, se abandonează corpul geometric al lui Descartes, pentru a se reda lucrurilor o anumită „intimitate".

Și astfel, potrivit ideii pe care și Leibniz și-o face despre Descartes, „popularea spațiului" nu se reduce la „problemele de *impletio spatii* și de *mutatio spatii*". Adevărata fizică este nu o cinetică a șocurilor, ci o dinamică.

Dar ce idee trebuiau să-și facă savanții despre forță? Amprenta carteziană asupra savanților din generația următoare a fost atît de profundă, încît deși ei sînt puși în fața necesității de a restabili forța, se simt jenați cînd trebuie să definească „realitatea" ei.

LEIBNIZ ȘI ÎNTOARCEREA LA IDEEA DE FORȚĂ. Riscul era de altfel evident. Oamenii de știință erau încă prea aproape de *virtuțile* semipsihice ale vechii fizici. Nici Leibniz nu va evita acest risc, dacă nu în fizica sa, cel puțin în filozofie. Imaginea călăuzitoare a întregului său sistem a fost aceea a „micilor percepții", transcriere filozofică a calculului infinitezimal și care joacă pentru el rolul imaginii șocului din sistemul cartezian. Din păcate însă, această imagine nu mai este fizică, ci psihologică.

Între percepția conștientă și percepția inconștientă, care este un grad infinitezimal al conștiinței, există toate treptele intermediare. Fizică sau psihologică, forța este totdeauna spontaneitate, intimitate, orientare spre viitor, finalitate. Ea produce peste tot „schimbări" în sensul scolastic al termenului, care subordonează mișcarea locală unei realizări calitative și finaliste. Galilei și Descartes inversaseră termenii și nu cunoșteau în fizică decît mișcarea locală. Schimbarea „reprezintă o pluralitate în unitate", și această reprezentare „nu este altceva decît ceea ce se numește percepție". Leibniz reproșează deci cartezienilor că nu acordă animalelor un suflet; în schimb el însuși va găsi un fel de suflet, pînă și în lucruri — din moment ce ele posedă o unitate. În fapt, este vorba de o reînviere a formelor substanțiale: „Am găsit deci că natura lor constă în forță și că de aici urmează ceva analog cu sentimentul și cu pofta; și că în felul acesta trebuia să le concepem după chipul noțiunii pe care o avem despre suflete".

Forțele materiale, ca și cele spirituale concură la realizarea „armoniei prestabilite", ceea ce permite reinstaurarea finalității în știință. Astfel Leibniz construiește în jurul noțiunii de forță vie o întreagă metafizică spiritualistă.

Dacă descoperirile lui tehnice îl situează în rîndul celor mai mari savanți, în schimb influența filozofiei sale risca să compromită puritatea noului spirit științific. Acesta însă știa de-acum să se apere și, într-adevăr, așa cum spune R. Dugas, Leibniz a „contribuit să facă din noțiunea de forță o sperietoare înfricoșătoare în ochii mecaniciștilor".

DINAMISMUL NEWTONIAN. Newton va da dovadă de mult mai multă prudență. Pentru a restabili forța în fizica postcarteziană, el ia în considerare faptele: faptul magnetismului, deja invocat de Gilbert și Galilei; faptul atracțiilor și repulsiilor electrice, mult mai binecunoscute după lucrările lui Otto von Guericke; forța centrifugă; gravitația, la care va reduce atracția aștrilor, unificînd astfel fizica cerească și fizica pămîntească. Fără aceste forțe, prezente peste tot, este imposibil să se construiască o fizică. Ca și Galilei și Huygens, Newton este atomist. Corpurile reale nu sînt indiferente unele față de altele,

așa cum ar fi corpurile geometrice ale lui Descartes: „micile lor particule" acționează unele asupra altora „prin atracțiile gravitației, magnetismului, electricității", și mai pot exista și alte puteri atractive, pe care noi să nu le cunoaștem (*Opticks*, Query 31).

Atît de puternică era amprenta carteziană, încît aceste idei ale lui Newton au fost suficiente pentru a dezlănțui o serie de furtuni. Leibniz însuși protestează împotriva noțiunii de *vis attractiva* și lansează un *Antibarbarus physicus* împotriva „învierii calităților scolastice și a puterilor himerice" de care s-ar fi făcut vinovat Newton. Huygens, deși dinamist și el, nu acceptă nici forța echivocă a lui Leibniz, nici *vis attractiva* care i se pare o „absurditate". Iar Malebranche proclamă că savanții „ar deveni ridicoli, dacă ar presupune mișcări de atracție și facultăți *atractive* pentru a explica de unde vine faptul că totdeauna căruța urmează caii înhămați la ea".

La Newton însuși se simte ezitarea omului epocii sale în fața unei nomenclaturi care nu este încă clară. Savantul este nevoit să admită aceste forțe. Dar sînt ele oare o „realitate" propriu-zisă? Se vede clar că el șovăie. Ca și adversarii săi cartezieni, el nu admite acțiunea la distanță a unui corp asupra altuia. Atracțiile și respingerile au o cauză care nu rezidă în corpurile înseși. Fizicianul însă nu trebuie să se ocupe de ea. În consecință, în pasajul din *Opticks* pe care l-am citat, el precizează imediat: „Nu examinez de loc aici care poate să fie cauza acestor atracții... Nu folosesc aici acest cuvînt atracție decît pentru a desemna, în general, o forță oarecare, în virtutea căreia corpurile tind reciproc unele spre altele, *oricare ar fi cauza ei*". La începutul lucrării sale *Principia*, el arată că, de fapt, consideră aceste forțe „matematic și nu fizic". Cu toate acestea, în *Scholium generale*, el nu se poate resemna să tăgăduiască orice realitate „fizică" acestor forțe, fără de care nu poate fi construită fizica: „și e de ajuns ca gravitația să existe în realitate (*quod gravitas revera existat*) și să acționeze după legile expuse de noi și e suficient pentru a explica toate mișcările corpurilor cerești și ale mării noastre"[3]. Astfel, forțele atractive sînt „realități", în măsura în care ele folosesc prin inducție la explicarea fenomenelor. Ele nu sînt „cauze" în sensul metafizic al termenului. Și mai ales ele nu sînt principii necesare în sensul principiilor carteziene din 1644, ceea ce înseamnă *Hypotheses non fingo*.

Aceste forțe a căror natură, sau mai bine zis *cauză*, depășește fizica contribuie totuși la formarea unui ansamblu ordonat, care este lumea. Ca și la Leibniz, dinamismul îi permite lui Newton să reinstaureze finalitatea în Natură, să-l găsească pe Dumnezeu „pantocrator" în *Filozofia naturală*, adică la vîrful fizicii. Mecanicismul cartezian este prezentat ca un ferment al ateismului . Am putea fi tentați să credem că ezitînd să atribuie o „realitate" acestei *forțe*, care este totuși un dat sigur pentru experimentator, Newton caută pur și simplu — fără a găsi — distincția kantiană dintre realismul empiric și idealismul transcendental. Este mai just să constatăm că pentru Newton — suflet profund religios — știința și metafizica sînt profund solidare.

[3] ISAAC NEWTON, *Principiile matematice ale filozofiei naturale*, Ed. Academiei, București, 1956, p. 419. — *N.R.*

MALEBRANCHE ȘI POZITIVISMUL ȘTIINȚIFIC. Or, Malebranche merge mult mai departe în construirea unei științe autonome. El știe bine că, în doctrina lui Descartes, trebuie reformată fizica ciocnirii, trebuie reformate legile mișcării , că trebuie admis rolul forței vii. Rămîne totuși un cartezian ferm, refuzînd să angajeze fizica într-o metafizică a forței și, în general, a cauzei. Newton scrie că el admite atracția în măsura în care ea apare în fenomene, și „oricare ar fi cauza ei". Dar, în cele din urmă, această cauză există pentru savantul newtonian, ea îl va conduce la teologia din *Scholium generale*. Mult mai radicală, formula lui Malebranche „legile sînt eficiente, ele acționează, dar corpurile nu pot acționa", dă deja formula pozitivimului științific și, înainte de aceasta, carta realismului empiric. Metafizicianul are nevoie de cauze, iar savantul de legi și numai de legi.

Fără îndoială, așa cum a arătat Meyerson, îndărătul „legii" sale, Malebranche caută mereu „corpul" lui Newton. Adevărul este că „ocazionalismul" a fost în secolul al XVII-lea o formă a spiritului științific, foarte nouă și foarte „modernă".

Ocupîndu-se de problema raportului dintre suflet și corp, el dă formula paralelismului psihofiziologic. Știința este prezentată ca sinteza unor discipline autonome, adaptată fiecare unei serii de fenomene, dar care trebuie să fie toate convergente, deoarece în natură aceste serii diferite „constituie împreună un tot". În fizică, în jurul soluțiilor propuse de Malebranche se va potoli după un secol, cel puțin pentru un timp, cearta dintre mecaniciști și dinamiști.

DE LA GILBERT LA NEWTON. A vorbi fără nuanțe despre spiritul științific și despre metodele științifice caracteristice secolului al XVII-lea ar însemna a ignora surprinzătoarea diversitate și progresul continuu al acestora. Secolul a început cu speranța baconiană și acel *De magnete* al lui Gilbert, al cărui ecou îl vom găsi și la Bacon în reflecții pătrunse încă de fizica formelor. Trebuia neapărat creat un cadru în care să fie plasate, pentru a fi inteligibile, observațiile încă sporadice. Între cabinetul de fizică care păstrează caracterul improvizat al erudiției din secolul al XVI-lea și laborator, ca și între *De magnete* al lui Gilbert și *Principia* lui Newton din 1687, se intercalează construcția galileiană și apriorismul cartezian fără de care nimic nu ar fi fost posibil. Descartes a întreprins o operă grandioasă, dar prea optimistă, și chiar în raport cu contribuția lui este apreciabilă evoluția de la *Dioptrique* din 1637, cu acea lumină — „baston", adică o dreaptă geometrică potrivit idealului lumii-epură, și *Opticks* din 1704, în care savantul înaintează, pas cu pas, pe baza observațiilor și experiențelor. Dar observațiile și experiențele se organizează de acum încolo — și pentru prima dată în *Principia* — în jurul „definițiilor", ale căror contururi rigide și nete arată că noua contribuție, acel platonism matematic conceput la Florența sau în reședințele itinerante din Olanda, nu va mai fi niciodată uitată. Ceva mai discretă, o evoluție asemănătoare se regăsește și în biologie, între enciclopedia lui Aldrovandi și tratatele lui John Ray. Științele concrete, încurajate și călăuzite de progresele fizicii, încep să vorbească un limbaj pozitiv. Drumul a fost găsit, și restul nu mai este decît o problemă de timp și de maturitate.

Cartea întîi
ŞTIINŢELE MATEMATICE ŞI FIZICE

CAPITOLUL I
De la algebră simbolică la calculul infinitezimal

Nu poate fi studiat progresul ştiinţelor abstracte în secolul al XVII-lea, fără a se semnala legătura lor strînsă cu ştiinţele naturii.

Savanţii cu spiritul cel mai analitic, ca Viète, Fermat sau Descartes, au manifestat — şi aceasta nu din obligaţie materială, ci pentru că acesta le-a fost gustul — un interes fie pentru astronomie — aşa a început Viète, — fie pentru mecanică, fie pentru optică.

Oameni ca Galilei sau Kepler, care nu s-au ocupat decît puţin de matematica pură, au jucat totuşi în dezvoltarea ei un rol de mîna întîi. Astfel, pentru a nu indica decît un exemplu, descoperirile astronomice ale lui Galilei — cele din 1610, datorate folosirii lunetei — au creat un interes pasionat pentru studiul opticii, în special al dioptricii şi i-au făcut pe oameni să citească şi să mediteze la *Ad Vitellionem paralipomena*, lucrare scrisă de Kepler în 1604, sau la *Dioptrica* sa din 1611. Aceasta va conduce la o reînviorare fecundă a studiului conicelor şi va influenţa profund, între altele, lucrările lui Descartes.

Dacă consacrăm deci un capitol matematicii pure, va trebui să nu pierdem nici un moment din vedere ceea ce are artificial acest procedeu, ţinînd minte în permanenţă că un mediu ştiinţific formează un tot organic, din care ar putea fi periculos să disociem prea mult, prin analiză, diferitele aspecte.

A. DEZVOLTAREA ŞTIINŢELOR ALGEBRICE

TRIGONOMETRIA. Începem studiul nostru cu trigonometria, care are contacte strînse cu ştiinţele naturii, astronomia şi optica, şi a cărei dezvoltare se situează la sfîrşitul secolului al XVI-lea şi în prima jumătate a secolului al XVII-lea. François Viète (1540—1603), jurist şi raportor la Consiliul de Stat, publică în 1579 un remarcabil *Canon mathematicus* a cărui tipărire durează opt ani — un tabel de funcţii trigonometrice completat cu o parte teoretică: *F. Vietaei universalium inspectionum ad canonem mathematicum liber singularis*.

Dispunerea reuşită a teoremelor în tabele deosebit de clare ne face să presimţim viitoarea notaţie algebrică la care va recurge autorul. Pe de altă parte,

Viète insistă asupra superiorităţii diviziunii zecimale în comparaţie cu cea sexagesimală.

Alcătuirea tabelelor este evident legată de înmulţirea şi împărţirea arcelor, care va constitui pentru Viète un subiect de predilecţie de-a lungul întregii sale cariere. În acest domeniu a avut, desigur, înaintaşi, iar emulii săi, ca de exemplu Jost Bürgi (1552—1632), au fost numeroşi. Cel mai celebru este probabil Adriaan van Roomen (1561—1615), care a fost un profesor cu renume. În 1593, van Roomen propune tuturor matematicienilor lumii următoarea problemă:

„Dacă raportul dintre termenii unei proporţii este egal cu 1 ① faţă de 45 ①—3795③ + 95 634 ⑤ — 1 138 500 ⑦ — 7 811 375 ⑨ + ... + 945 ㊶ — 45 ㊸ + 1 ㊺ şi dacă termenul al doilea este dat, să se găsească primul termen...“ „Exemplu: termenul dat este R.bin.2 + R.bin.2 + R.bin.2 + R.2. Soluţia: R.bin.2 — R.bin.2 — R.bin.2 + + R.bin.2 + R.bin.2 + R.3...“:

Van Roomen foloseşte aici notaţiile lui Stevin. În notaţii moderne este vorba de rezolvarea ecuaţiei $x^{45} - 45x^{43} + 945\,x^{41} - \ldots + 45\,x = a$.

În cazul particular, $a = \sqrt{2 + \sqrt{2 + \sqrt{2 + \sqrt{2}}}}$, iar

$$x = \sqrt{2 - \sqrt{2 - \sqrt{2 + \sqrt{2 + \sqrt{2 + \sqrt{3}}}}}}.$$

Viète găseşte imediat soluţia generală (pentru $a \leqslant 2$): *ut legi, ut solvi*. Într-adevăr, ecuaţia propusă sub formă de proporţie de adversarul său exprimă de fapt problema: Într-un cerc cu raza 1, fiind dată coarda unui arc, să se găsească coarda arcului de 45 de ori mai mic.

Răspunsul fulgerător al „Prinţului Amatorilor“ a avut un răsunet imens în lumea savanţilor.

Cazul $a > 2$ va fi rezolvat de Fermat într-o scrisoare către Christiaan Huygens, prin analogie cu cazul ecuaţiei de gradul al treilea. Într-adevăr, Viète — şi apoi şi Albert Girard — a arătat că orice ecuaţie de gradul al treilea se reduce la trisecţiunea unghiului şi la inserarea a două medii geometrice. Pentru cazul puterii a 45-a, problema se reduce — cînd $a > 2$ — la inserarea a 44 de medii.

Se ştie că, ripostînd lui van Roomen, Viète i-a propus să construiască un cerc tangent la trei cercuri date. Soluţia lui Viète a fost generalizată mai tîrziu de Fermat, care a extins-o la tangenţa sferelor, iar Pascal a extins-o la tangenţa conicelor. Soluţia lui van Roomen, căreia Viète i-a reproşat că nu este „plană“, a fost redusă de Newton la o serie de construcţii cu rigla şi cu compasul.

O altă problemă care poate fi legată de calculul tabelelor trigonometrice şi care a pasionat cercurile ştiinţifice ale epocii este calculul numărului π, respectiv cvadratura cercului. Mulţi utopişti pasionaţi de problema cvadraturii s-au lansat în această aventură, fără a avea cunoştinţe teoretice satisfăcătoare. Putem cita printre aceştia pe Joseph Scaliger (1540—1609), pe

care van Roomen și Viète au trebuit să-l cheme la ordine și să-l îndemne la modestie. Simon du Chesne sau Van der Eycke, inginer originar din Dôle, a căzut și el în greșeli grosolane pe care le-a relevat Adriaan Anthonisz (1543? — 1620), tatăl lui Adriaan Metius (1571—1635), și Ludolph van Ceulen (1540—1610).

Viète calculase π cu zece zecimale exacte. Ludolph își începe calculele în 1586, folosind metoda lui Arhimede, adaptată la numerația zecimală. Primele rezultate obținute i-au permis lui Adriaan Anthonisz să stabilească că numărul π este cuprins între $3\frac{15}{106}$ și $3\frac{17}{120}$ și să deducă de aici excelenta aproximație dată de Metius: $\frac{355}{113}$.

În 1593, van Roomen dă 15 zecimale exacte; în 1596, Ludolph dă 20 de zecimale, iar mai tîrziu, în 1615, văduva sa va publica celebra aproximație dusă pînă la 32 de zecimale, toate exacte.

În 1593, Viète exprimă metodele de aproximație antice cu ajutorul primului algoritm infinit cunoscut: raportul dintre un pătrat și cercul circumscris $(2/\pi)$ este dat de produsul infinit $\sqrt{\frac{1}{2}} \cdot \sqrt{\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\sqrt{\frac{1}{2}}} \ldots$, în care fiecare factor f_n se deduce din factorul precedent cu ajutorul formulei de recurență $f_n = \sqrt{\frac{1}{2}+\frac{1}{2}f_{n-1}}$.

Tehnica fastidioasă a lui Arhimede este îmbunătățită prin remarci ingenioase de Viète, de Snellius, remarci care-și vor găsi concluzia în micul tratat al lui Huygens *De circuli magnitudine inventa* (1654). Acest tratat încheie perioada arhimedeană a cvadraturii cercului, iar produsul infinit al lui Viète inaugurează perioada modernă.

În trigonometria sferică, Viète stabilește formulele cunoscute sub numele de „analogiile lui Neper" și folosește triunghiul polar. Willebrord Snell sau Snellius (1581—1626), care împarte cu Descartes descoperirea legii refracției luminii, perfecționează această folosire a triunghiului polar.

Pe de altă parte, tradiția optică a lui Witelo îi conduce pe Harriot, Briggs, Albert Girard și Cavalieri la studierea ariei triunghiului sferic pe care Witelo o indicase ca măsură a unghiului solid. Dacă toți aceștia — precedați de un comentator anonim al opticianului din secolul al XIII-lea, în care ar trebui poate să-l vedem pe Regiomontanus — cunosc proporționalitatea dintre arie și excesul sferic sau excesul sumei unghiurilor în raport cu două unghiuri drepte, Cavalieri este cel care va da o demonstrație aproape perfectă a acestei propoziții.

ALGEBRĂ LITERALĂ. Foarte versat în geometria anticilor și în același timp în algebra secolului al XVI-lea, Viète s-a străduit să regăsească metoda de cercetare și de analiză a vechilor geometri. El reconstituie tratatul despre contacte al lui Apollonios în lucrarea *Apollonius Gallus* (1600). În același spirit, Snellius publică în 1608 lucrarea *Apollonius Batavus*, în care tratează

despre secţiunea într-o arie şi secţiunea determinată, iar M. Ghetaldi din Ragusa, discipol al lui Viète, priceput în analiza învăţaţilor antici, publică, între alte lucrări, în 1607, tratatul *Apollonius redivivus*, o încercare de reconstituire a tratatului despre înclinaţii.

Descoperirea recentă a lucrărilor lui Diofant a servit în algebră drept catalizator al ideilor lui Viète. Acesta a pus în evidenţă izomorfismul fundamental dintre domeniul algebrei numerice a lui Diofant, Cardano, Tartaglia, Bombelli, Stifel şi domeniul analizei geometrice care pare să stea la baza expunerilor sintetice ale lui Euclid, Arhimede, şi mai ales ale lui Apollonios şi despre care scrierile lui Pappus, regăsite între timp (prima ediţie 1588), dau o idee mai precisă.

Pentru a exprima acest izomorfism, el îşi inventează „logistica specioasă", sau arta de a calcula cu simboluri, sau specii, care reprezintă mărimi atît geometrice, cît şi aritmetice.

El împarte analiza în trei părţi fundamentale: zetetica, sau arta de a cerceta problemele, constă în adoptarea unui sistem de simboluri care permite să notăm atît mărimile necunoscute, cît şi cele cunoscute, să exprimăm legăturile care le unesc şi să deducem astfel ecuaţia care, sub o formă abstractă, rezumă problema pusă. Intervine apoi analiza poristică, care studiază, transformă, discută această ecuaţie. În sfîrşit, exegetica, sau analiza retică, revenind la problema concretă, rezolvă ecuaţia fie prin construcţii, dacă este vorba de geometrie, fie prin calcule numerice, dacă e vorba de aritmetică.

Recunoaştem în aceste principii metodele matematicii moderne pe care Viète o întemeiază astfel printr-o operă poate prea abruptă şi ermetică pentru majoritatea contemporanilor săi, dar care va fecunda un întreg curent din prima jumătate a secolului al XVII-lea.

El notează toate mărimile care intră într-o problemă cu ajutorul majusculelor latine. Vocalele desemnează necunoscutele, iar consoanele mărimile date. Dimensiunea fiecărei mărimi este sistematic indicată.

De pildă, ecuaţia pe care noi o notăm sub forma: $x^3 - 3bx^2 + (3b^2 + d)x = c + db + b^3$ este scrisă de Viète astfel:

$$\left.\begin{array}{l} \text{E cubus} \\ -\text{B in E quadr. ter.} \\ +\text{B quadrato ter.} \\ +\text{D plano} \end{array}\right\} \text{in E} \left.\begin{array}{l} \\ \\ \text{aequabitur} \\ \\ \end{array}\right\} \begin{array}{l} \text{Z solido} \\ +\text{D plano in B} \\ +\text{B cubo} \end{array}$$

Dintre scrierile sale o influenţă deosebit de mare o vor exercita *Zeteticorum libri quinque* (1593; traducerea franceză, 1630), în care sînt reluate problemele lui Diofant în notaţiile logisticii specioase; *De numerosa potestatum purarum atque adfectarum ad exegesin resolutione* (1600), în care apare prima metodă sistematică de rezolvare numerică a ecuaţiilor; *De aequationum recognitione et emendatione* (1615), lucrare fundamentală pentru teoria ecuaţiilor algebrice; în sfîrşit, *In artem analyticam isagoge* (1591; două traduceri franceze în 1630) un mic tratat în care este definită şi expusă în ansamblu analiza lui Viète.

Cînd van Schooten va publica, în 1646, singura ediție aproape completă a operelor lui Viète, influența marelui matematician își va fi adus de mult roadele principale și nu va mai prezenta decît un interes istoric.

Această influență poate fi cel mai bine apreciată dacă comparăm rezultatele obținute în tratarea acelorași subiecte de către discipolii lui Viète, Fermat și Roberval, cu cele ale lui Cavalieri și ale lui Torricelli care nu s-au bazat pe aceste metode. Deși posedau aceeași abilitate geometrică și aceleași cunoștințe, aceștia din urmă sînt adesea mult depășiți de către cei doi francezi sau chiar de Beaugrand, un alt discipol al lui Viète.

TEORIA ECUAȚIILOR ALGEBRICE. Lucrările algebriștilor din secolul al XVI-lea, în special ale celor din școala italiană, devenite mult mai accesibile datorită tehnicii lui Viète, rezumate și condensate în scrierile sale, în special în cele postume, pe care Anderson le-a publicat la Paris în 1615, au permis să se dezvolte în secolul al XVII-lea o teorie a ecuațiilor algebrice care a avut o importanță determinantă.

Ar fi greu să precizăm aici aportul fiecărui matematician. În 1608 Peter Rothe afirmă că orice ecuație de gradul n are n rădăcini. Harriot (1560—1621), în scrierea publicată postum din 1631, simplifică notația lui Viète, eliminînd considerațiile de omogenitate și înlocuind majusculele latine prin minuscule. El pune mai bine în evidență relațiile dintre coeficienți și rădăcini.

În 1629, Albert Girard (1595—1632) face din aceste relații temelia însăși a teoriei ecuațiilor. Pentru a le face cu totul generale, el acceptă soluțiile negative și chiar imaginare într-un sens mai vag, dar mai larg decît cel la care se limita Bombelli în 1572. El enunță același principiu ca și P. Rothe.

Cînd în 1637 Descartes își publică *Geometria*, anexînd-o la *Discursul asupra metodei*, el expune în Cartea a III-a teoria ecuațiilor algebrice, așa cum o concepe el. Ideile sale, foarte asemănătoare cu cele ale lui Harriot și Girard, sînt totuși independente de ale acestora și cartea sa rezumă lucrările personale care datează în unele cazuri din 1620.

Notația este fixată. Ea este, în mare, cea pe care o folosim și noi. Se recurge la literele minuscule, ultimele litere ale alfabetului fiind rezervate pentru necunoscute; se reia notația exponențială a lui Stevin, Bombelli și Chuquet, dar combinată cu notația literală: x^3, a^3b; se adoptă un semn de egalitate: $\propto$ etc.

Principiile esențiale sînt expuse în felul următor:

„1°. Trebuie știut că în fiecare ecuație pot exista atîtea rădăcini diferite cîte dimensiuni are cantitatea necunoscută. De pildă, dacă presupunem că x este egal cu 2, sau ceea ce este același lucru, că $x-2$ este egal cu nimic [*id est* = zero—*N.T.*]; și tot așa că $x-3=0$, atunci înmulțind aceste ecuații $x-2=0$ și $x-3=0$ între ele, vom avea $x^2-5x+6=0$ sau altfel $x^2=5x-6$...

Adesea se întîmplă însă ca unele rădăcini să fie false sau mai mici decît nimic [zero — *N.T.*], ca și cum am presupune că x arată absența unei cantități egale cu 5, așa încît $x+5=0$...“

„2°. Se vede clar din aceasta că suma unei ecuații care conține mai multe rădăcini poate fi totdeauna împărțită printr-un binom format din cantitatea necunoscută, minus

valoarea unei rădăcini adevărate, oricare ar fi aceasta, sau plus valoarea unei rădăcini false. Această împărţire este un mijloc de a micşora dimensiunile unei ecuaţii..."

„3°. Se poate şti cîte rădăcini adevărate şi cîte false pot exista în fiecare ecuaţie: pot exista atîtea rădăcini adevărate, de cîte ori se schimbă semnele + şi — şi pot exista atîtea rădăcini false, de cîte ori două semne + sau două semne — se succed.

4°. Mai mult, este uşor să facem ca în aceeaşi ecuaţie toate rădăcinile care erau false să devină adevărate şi prin acelaşi procedeu ca toate rădăcinile care erau adevărate să devină false, anume schimbînd toate semnele + sau — care sînt în locul doi, patru, şase, sau orice alt loc desemnat prin numere pare... Dacă, fără a cunoaşte valoarea rădăcinilor unei ecuaţii, voim s-o mărim sau s-o micşorăm cu o cantitate cunoscută, nu trebuie decît ca în locul unui termen necunoscut să presupunem altul, care să fie mărit sau micşorat cu această cantitate şi să-l substituim peste tot în locul celui dintîi.

5°. Prin acest mod de a schimba valoarea rădăcinilor fără a le cunoaşte se pot face două lucruri care vor fi apoi de folos. Primul lucru este că putem totdeauna elimina al doilea termen al ecuaţiei pe care o cercetăm..."

„6°... Al doilea lucru... este faptul că totdeauna putem face ca toate rădăcinile să devină adevărate, mărind valoarea celor adevărate cu o cantitate mai mare decît valoarea oricăreia din cele false astfel încît să nu existe de loc două semne + sau două semne — succesive şi, în plus, astfel încît cantitatea cunoscută a termenului al treilea să fie mai mare decît pătratul jumătăţii cantităţii termenului al doilea..."

„7°. De asemenea fără a cunoaşte valoarea rădăcinilor adevărate ale unei ecuaţii, se pot înmulţi sau împărţi toate printr-o cantitate cunoscută arbitrară... Aceasta poate servi la transformarea în numere întregi şi raţionale a fracţiilor, adesea chiar şi a numerelor iraţionale care se găsesc în termenii ecuaţiilor..."

„8°. De altminteri, atît rădăcinile adevărate, cît şi cele false nu sînt totdeauna reale, ci cîteodată numai imaginare, adică ni le putem imagina totdeauna atîtea cîte spuneam în fiecare ecuaţie, dar că nu există cîteodată nici o cantitate care corespunde aceleia pe care ne-o imaginăm. De pildă, ne putem imagina trei rădăcini în ecuaţia

$$x^3 - 6x^2 + 13x - 10 = 0,$$

totuşi nu există decît una reală, care este 2, iar pentru celelalte două, oricît le-am mări sau micşora sau înmulţi în modul pe care l-am explicat mai înainte, n-am putea să le facem altfel decît imaginare"[1].

9°. Descartes indică, în sfîrşit, cum pot fi găsite rădăcinile raţionale ale unei ecuaţii cu coeficienţi raţionali.

În continuare, Cartea a III-a se ocupă de construcţia rădăcinilor prin intersectarea a două curbe, precum şi de regula lui Descartes pentru rezolvarea unei ecuaţii de gradul al patrulea, prin identificarea primului membru cu un produs a două trinoame de gradul al doilea.

În acest remarcabil rezumat al stării teoriei ecuaţiilor în 1637, rezumat în care nu găsim nici o demonstraţie explicită, dar care este îmbogăţit prin numeroase exemple, indiscutabil, nu totul constituie o contribuţie originală a autorului. Punctul 1° se găseşte deja la Albert Girard. Punctul 2° era cu-

[1] R. DESCARTES, *Geometria*, Ed. Ştiinţifică, Bucureşti 1966, p. 79. — *N.R.*

noscut de Cardano și de toți algebriștii care au urmat după el. Punctele 4—7° sînt detaliat dezvoltate de Viète, punctul 9° de Jacques Peletier. Numai „regula lui Descartes" de la punctul 3°, anticipată în mod destul de obscur de Cardano, este un aport personal al filozofului. Dar punctul 8°, unde sînt introduse rădăcinile imaginare — ideea lui Girard, ne arată cît de incerte erau ideile din acea epocă asupra acestui punct capital.

Principiile expuse de Descartes vor fi ulterior dezvoltate în special de discipolii săi olandezi din școala lui Schooten și de Newton, care va stabili, între altele, legile recurente care dau sumele puterilor rădăcinilor, legi deja indicate pentru primele patru puteri de către Albert Girard.

Cît despre rezolvarea efectivă a ecuațiilor, am văzut că Viète o includea în analiza exegetică, ea însăși împărțită în analiză numerică și geometrică. Descartes, teoretician pur și avid de absolut, nu s-a preocupat de prima parte a acestei analize. Viète a dat în 1600 o metodă de rezolvare numerică aproximată. Această metodă a fost perfecționată de discipolii săi englezi Harriot și Oughtred (1574—1660), apoi a dat naștere metodei de aproximare a lui Newton, folosită încă și în zilele noastre.

CREAREA GEOMETRIEI ANALITICE. Aplicarea analizei lui Viète la geometrie a fost încununată de un succes strălucit prin crearea geometriei analitice de către Descartes și Fermat în aceeași epocă, independent unul de altul (denumirea de geometrie analitică datează de la începutul secolului al XIX-lea).

Cei doi matematicieni folosesc noua logistică pentru analiza locurilor geometrice, în special a conicelor, așa cum apare ea la Apollonios și la Pappus. Există totuși între ei deosebiri apreciabile în această traducere a vechilor procedee tehnice într-un limbaj nou. Fermat rămîne credincios, ca și în întreaga sa operă, notațiilor și limbajului lui Viète. Descartes a alcătuit un limbaj și o notație proprie, independente de tradiția directă a marelui algebrist. Deși el a cunoscut influența lui, aceasta se manifestă într-un fel difuz prin mijlocirea mediului științific general. El rămîne mai aproape de algebra numerică, ale cărei expresii le folosește, împingînd izomorfismul dintre cele două domenii pînă la identificarea vocabularului.

Născut la Beaumont-de-Lomagne în 1601, avocat, apoi, începînd cu 1631, magistrat la Toulouse, decedat la Castres la 12 ianuarie 1665, Fermat a avut o carieră liniștită care ar fi rămas obscură fără geniul său matematic. Ca și predecesorii săi imediați, el îi studiază pe marii alexandrini și încearcă să reconstituie lucrarea lui Apollonios *Despre locurile plane*. Realizează această reconstituire prin 1629, la vîrsta de 28 de ani, într-un stil pur antic. Dar în lucrarea sa, *Ad locos planos et solidos isagoge*, care datează cel mai tîrziu din 1636, lucrare scurtă, ca de altfel tot ce a scris, a adoptat un stil modern, pe care l-a făurit singur și care, împreună cu notațiile lui Viète, este stilul geometriei analitice de astăzi.

„Dacă această descoperire ar fi precedat reconstituirea noastră mai veche a celor două cărți ale lucrării *Despre locurile plane*, construcțiile teoremelor asupra locurilor ar fi mult mai elegante; nu regretăm totuși această producție, deși precoce și insuficient de natură. Într-adevăr, pentru știință este de un oarecare interes să nu lipsească posteri-

tatea de lucrările cu spirit încă neformat; opera, la început simplă şi brută, se întăreşte şi creşte prin descoperirile noi. Este chiar important pentru studiu să putem contempla din plin progresele ascunse ale spiritului şi dezvoltarea spontană a artei".

Emulul său Descartes a fost condus la propriile sale procedee printr-o serie curioasă de solicitări exterioare şi un intens efort personal de meditaţie. Pe de o parte, un gust precoce pentru mecanisme (1619) îl face să conceapă unele dintre acestea, „compasurile" sale, care îi permit să traseze curbele (pe care le va numi mai tîrziu geometrice). Încă la această epocă, el visează să extindă în regiuni mai vaste domeniul geometriei limitat chiar şi la Viète la construcţiile cu rigla şi cu compasul, în timp ce problemele „solide" cer deja construcţii „cvasigeometrice". Pe de altă parte, pasiunea sa pentru optică îl face să studieze îndeaproape conicele şi-i permite să descopere prin 1625 legile refracţiei. În acest domeniu a fost determinantă influenţa lui Kepler. Paralel, studiul lui Pappus, fie direct, fie mijlocit de lucrările lui Clavius, îl conduce la cercetarea soluţiilor geometrice ale ecuaţiilor de grad superior gradului al doilea. Ne aflăm într-un domeniu care s-a bucurat de atenţia lui Viète, acela al analizei exegetice geometrice, care în curînd va fi denumit domeniul „dezlegării ecuaţiilor". De această problemă se ocupă mulţi. În 1636 sau 1637, Fermat în apendicele său la lucrarea menţionată mai sus obţine un succes strălucit. Dar în afară de Fermat şi Roberval (1602—1675) care preia pilda lui Viète mai îndeaproape decît cei doi emuli ai săi şi face uz, între altele, de concoida lui Nicomedes, majoritatea matematicienilor urmează laborios rătăcirile anticilor. Descartes, în 1629 cel mai tîrziu, vine cu frumoasa sa soluţie pentru ecuaţiile de gradul al treilea şi de gradul al patrulea prin intersectarea unei parabole cu un cerc, într-un stil care este deja cel al geometriei analitice moderne.

Să semnalăm aici că acest domeniu al dezlegării ecuaţiilor va preocupa pe matematicieni pînă la Newton inclusiv şi că Sluse (1622—1685) se va distinge în mod special în această privinţă. Dar Newton însuşi avea să-i arate limitele şi să sublinieze că precizia acestui domeniu, evident insuficientă, nu permite folosirea lui decît pentru un studiu preliminar, şi anume pentru separarea rădăcinilor ecuaţiei. Cercetarea rezultatelor mai precise este de domeniul calculului numeric.

În 1632, Golius îi propune lui Descartes problema lui Pappus, rămasă de atunci celebră şi cunoscută sub denumirile de loc cu trei, patru, cinci drepte. Descartes o rezolvă în trei săptămîni, verificînd cu ajutorul ei perfecţiunea procedeelor sale tehnice şi găsind, în sfîrşit, definiţia precisă a curbelor sale geometrice. Prin acest termen se înţeleg curbele în care coordonatele x şi y sînt legate printr-o ecuaţie algebrică $P(x, y) = 0$. Descartes arată că este posibilă construirea fiecărui punct al acestor curbe, oricare ar fi abscisa lui, printr-o serie finită de rezolvări de ecuaţii algebrice de grad din ce în ce mai ridicat. O asemenea construcţie este în general imposibilă pentru curbele pe care el le numeşte mecanice, iar Leibniz le va numi transcendente şi care nu se încadrează deci în procedeele tehnice ale geometriei analitice.

Acum, cadrul lucrării din 1637 este fixat. Va trebui totuși să revenim asupra altor părți ale acestei lucrări de o importanță fundamentală pentru matematica modernă.

B. DIVERSE PROGRESE

ANALIZA DIOFANTICĂ. Am mai semnalat influența considerabilă a lui Diofant asupra algebriștilor de la Bombelli la Viète. *Zetetica* acestuia din urmă se situează, cu simbolurile ei specifice, pe linia analizei lui Diofant. În 1621, Bachet de Méziriac semnează prima ediție greco-latină a *Aritmeticii*, însoțind-o cu un vast comentariu. Dar această analiză ale cărei principii le-am arătat (vol. I, p. 353) se răspîndise deja pe o scară largă fie prin ediția latină a lui Xylander (1575), fie prin parafrazele ei: italiană — a lui Bombelli, în *Algebra* sa din 1572, franceză — a lui Stevin și a lui Girard, sau latină — a lui Clavius, în *Algebra* sa din 1608.

Moda acestui gen de exerciții, absolut gratuite, va continua în tot cursul secolului. Marele maestru al domeniului este Fermat. Observațiile sale asupra lucrării lui Diofant, scrise pe marginea exemplarului său al ediției lui Bachet, au fost salvate de uitare de către fiul său Samuel, care a reeditat lucrarea în 1670. Un studiu al procedeelor sale tehnice a fost dat în același timp de părintele de Billy. Dacă analiza diofantică este un domeniu abandonat în zilele noastre, ea a permis algebriștilor din secolul al XVII-lea să-și exerseze îndemînarea, să-și rafineze metodele, iar influența ei asupra calculului infinitezimal în lucrările fraților Bernoulli nu poate fi nesocotită.

FERMAT ȘI TEORIA NUMERELOR. Dar deosebit de important este faptul că reflecțiile lui Fermat asupra procedeelor diofantice îl conduc între anii 1636 și 1643, împreună cu unele cercetări și descoperiri care mai continuă pînă în 1658, la crearea teoriei numerelor. Principalele realizări care ilustrează numele său în acest domeniu sînt:

1) Metoda micșorării infinite — procedeu prin excelență aritmetic — a unei puteri finite, care i-a adus lui Fermat și urmașilor săi importante servicii;

2) Mica teoremă a lui Fermat: dacă p este un număr prim, atunci $a^p \equiv a (\text{modulo } p)$;

3) Propoziții ca cele ce urmează:

Orice număr întreg este suma a cel mult patru pătrate sau a trei numere triunghiulare sau a cinci numere pentagonale etc. Orice număr de forma $4n + 1$ se descompune într-o sumă de două pătrate. Orice număr de forma $3n - 1$ nu poate fi reprezentat sub forma $a^2 + 3b^2$. Orice triunghi dreptunghic ale cărui laturi sînt numere întregi nu are ca arie un pătrat.

4) «Marea teoremă» a lui Fermat: ecuația $x^n + y^n = z^n$ (unde n este un număr întreg, $n > 2$) nu are soluții în numere raționale.

5) Ecuația lui Pell-Fermat: ecuația $Nx^2 + 1 = y^2$ are întotdeauna soluție în numere întregi.

Nu s-a păstrat aproape nici una dintre demonstrațiile lui Fermat. Este probabil că pentru o parte din propozițiile sale el nu a avut niciodată o demonstrație autentică. Este cazul „marii teoreme" a lui Fermat, care s-a dovedit a fi unul dintre cele mai mari mistere ale matematicii[2].

Dacă analiza diofantiană, care nu cerea decît abilitate, a fost mult cultivată de contemporanii și succesorii imediați ai lui Fermat, teoria numerelor, care cerea geniu, nu va regăsi matematicieni demni de ea decît în persoana lui Euler și a lui Lagrange, cu toate că în acest interval au fost obținute rezultate izolate și au fost puse cîteva probleme noi.

DESARGUES ȘI GEOMETRIA PROIECTIVĂ. În timp ce Fermat bătătorea astfel căi cu totul noi, un matematician tot atît de original, Desargues(1591—1661) croia drumuri originale într-un alt domeniu, acela al geometriei pure.

Conicele au constituit obiectul unui mare număr de studii ale unor savanți, ca Grégoire de Saint-Vincent, Cavalieri, Mydorge (1585—1647), care, urmînd metodele lui Apollonios, au îmbogățit teoria cu rezultate importante, deși fragmentare.

Contribuția lui Desargues este mult mai mare. Pasionat pentru aplicarea matematicii în arhitectură, pictură, cadranele solare, foarte bun cunoscător al geometriei antice, el concepe o nouă tehnică geometrică, geometria proiectivă. Scrie o serie de scurte lucrări, dintre care principala este *Brouillon project d'une atteinte aux evenements des rencontres du Cone avec un Plan*(1639), într-o limbă sistematic franceză, fără termeni tehnici clasici traduși din greacă sau latină. Această încercare de înnoire a vocabularului în sens modernist avea să dăuneze propagării ideilor sale. Nu a avut decît cîțiva discipoli: gravorul Bosse, care a dezvoltat și popularizat aplicațiile tehnice ale ideilor dascălului său, Blaise Pascal și Philippe de La Hire. Textul complet al lucrării *Brouillon project* s-a considerat multă vreme pierdut și nu a fost reeditat decît în 1951.

Pascal, declarîndu-se deschis discipol al lui Desargues, a găsit teorema care-i poartă numele cu privire la hexagoanele înscrise într-o conică și a dezvoltat, pe această bază, o teorie completă a acestor curbe. Din lucrările sale nu ne-a rămas decît un scurt studiu din 1640, *Essay sur les Coniques*. Philippe de La Hire (1640—1718), mult mai prolix, dar mai puțin original, a fost un savant oficial din epoca lui Ludovic al XIV-lea și unul dintre primii membri ai Academiei de Științe. Tatăl său, pictorul Laurent de La Hire, fusese prieten personal al lui Desargues.

[2] Acest mister persistă și azi, dar aceasta nu înseamnă că cercetările în această direcție nu au realizat progrese și nu au fost utile. Una dintre cele mai importante noțiuni ale algebrei moderne, aceea de ideal, a fost introdusă în cadrul cercetărilor privind problema lui Fermat. În ultimele decenii au apărut perspective noi în studiul acestei probleme. O formulare care o transformă într-o problemă de decidabilitate relativă la gramatici și limbaje dependente de context a fost propusă recent de Jean Friant. — *M.S.*

Ne este imposibil să acordăm mai mult loc metodelor lui Desargues şi rezultatelor obţinute de el. Vom menţiona doar noţiunea de punct la infinit al unei drepte, identificarea care decurge din aceasta a unui fascicul de drepte paralele cu un fascicul de drepte concurente, cît şi cea a unui con cu un cilindru, teoria involuţiilor pe o dreaptă şi „teorema lui Desargues", care rezultă de aici pentru un fascicul punctual de conice. În sfîrşit, teorema cu privire la triunghiurile omologice.

Dezvoltarea geometriei analitice, la care avea să participe şi La Hire, precum şi a metodelor infinitezimale a frînat dezvoltarea şi extinderea procedeelor lui Desargues, şi geometria proiectivă va aştepta pe discipolii lui Monge pentru a renaşte şi a-şi căpăta întreaga semnificaţie.

NEPER ŞI LOGARITMII. Întorcîndu-ne, să menţionăm o descoperire importantă de la începutul secolului al XVII-lea datorată lucrărilor trigonometrice ale astronomilor, dar care a avut repercusiuni considerabile atît asupra matematicii pure, cît şi asupra altor ramuri ale ştiinţei. Este vorba de logaritmi. John Napier of Merchiston sau Neper (1550—1617), baron scoţian, dorind să simplifice calculele trigonometrice, a reluat o idee veche privind compararea progresiilor aritmetică şi geometrică, pe care a ştiut s-o generalizeze şi s-o folosească pentru calcule. El scrie:

„Logaritmul oricărui sinus este un număr care exprimă, cu foarte bună aproximaţie, linia care creşte în mod egal în timpuri egale, în timp ce linia sinusului total descreşte proporţional în acest sinus, cele două mişcări avînd loc concomitent şi la început cu aceeaşi viteză" (*Mirifici logarithmorum canonis descriptio...*, 1614).

Această definiţie necesită o serie de observaţii; să notăm, în primul rînd, că logaritmul este „numărul logosului", adică numărul „raportului" sau al „raţiei".

Se ştie că, de la vechii matematicieni greci pînă în secolul al XVIII-lea, terminologia folosită în teoria rapoartelor era, se poate spune, logaritmică faţă de cea pe care o folosim astăzi. Dacă, de pildă, r_1 este raportul dintre A şi B, iar r_2 raportul dintre B şi C, raportul dintre A şi C nu va fi considerat produsul primelor două, ci suma lor. Astfel, considerîndu-se egalităţile $\frac{a}{1} = \frac{a^2}{a} = \frac{a^3}{a^2} = \frac{a^4}{a^3}$ se socotea că rapoartele $\frac{a^2}{1}, \frac{a^3}{1}, \frac{a^4}{1}$ sînt respectiv dublul, triplul şi cvadruplul raportului iniţial $\frac{a}{1}$. Exprimări de acest gen sînt încă frecvente în secolul al XVII-lea, de pildă în *Principiile* lui Newton. Între alţii, Desargues adoptă uneori în demonstraţiile sale geometrice un sistem de simboluri şi o terminologie în cadrul cărora adună şi scade rapoartele, şi care nu sînt inteligibile pentru noi decît dacă ţinem seama de cele de mai sus.

Logaritmul va fi, aşadar, o măsură a raportului, deci un număr care se va aduna, se va scădea, se va dubla atunci cînd raportul se va aduna, se va scădea sau se va dubla.

Pe de altă parte, definiţia lui Neper se referă la sinusuri, deoarece întemeietorul teoriei logaritmilor urmărea un ţel esenţialmente practic: uşurarea calculelor trigonometrice, mai precis a calculelor astronomice.

Apoi, dacă logaritmul este în fond un număr — întreg sau fracţionar — aceasta se explică prin faptul că toate calculele pot fi făcute numai cu numere; în realitate însă, el este măsura cît mai apropiată posibilă a unei mărimi continue, reprezentate printr-o linie.

Această linie este de fapt funcţia sinusului, cuvîntul funcţie, introdus mai tîrziu de Leibniz, fiind în acest context o anticipare. Această funcţie este introdusă conştient printr-o ecuaţie diferenţială, prima care se întîlneşte în istoria matematicii. Desemnînd prin R raza cercului sau sinusul total, prin x sinusul, iar prin y logaritmul său în sensul lui Neper, avem $y = 0$ pentru $x = \mathrm{R}$ şi $\mathrm{d}y = -(\mathrm{R}/x)\mathrm{d}x$.

De aici rezultă imediat relaţia dintre primii logaritmi ai lui Neper şi actualii „logaritmi neperieni" (această denumire fiind introdusă de Lacroix): $y = \mathrm{R}\log(\mathrm{R}/x)$.

Dacă îi putem contesta lui Neper prioritatea în ceea ce priveşte ideea însăşi a logaritmilor, este sigur că acest sens profund al continuităţii, care implică o aprofundată cunoaştere a matematicii antice, această idee genială de a o introduce cu ajutorul mişcării şi această definiţie diferenţială a logaritmului sînt incontestabil aportul lui, şi ne îndreptăţesc să-l considerăm unul dintre matematicienii cei mai profunzi de la sfîrşitul secolului al XVI-lea şi începutul secolului al XVII-lea.

Definiţia diferenţială conduce la legea fundamentală potrivit căreia sinusurile care urmează o progresie geometrică descrescătoare începînd cu sinusul total R au logaritmi care formează o progresie aritmetică crescătoare cu primul termen 0. Afară de aceasta, logaritmul expresiei AB/R este suma logaritmilor lui A şi B. Trebuie să remarcăm că, devansînd cu mult epoca sa, Neper nu se teme să folosească logaritmi negativi într-o perioadă cînd majoritatea matematicienilor nu vor să folosească decît mărimi pozitive. Semnalăm, de asemenea, că în epoca în care Neper îşi întemeia astfel teoria logaritmilor, Galilei, printr-un raţionament de-abia schiţat, dar foarte apropiat, poate inspirat din descoperirea matematicianului scoţian, respingea ipoteza unei legi a căderii corpurilor grele în care viteza era considerată proporţională cu înălţimea căderii, arătînd că în această ipoteză căderea ar fi instantanee. Fermat, la îndemnul lui Gassendi, avea să finiseze în 1642 acest raţionament.

Teoria lui Neper l-a condus pe autorul ei la construirea de tabele, ţel precis pe care l-a urmărit. A reuşit să le realizeze, folosind mai multe progresii geometrice cu raţii foarte simple, ca de pildă $1-10^{-7}$, şi recurgînd la interpolări ingenioase[3]; în tabelele sale $\mathrm{R} = 10^7$.

[3] De aici, pînă la utilizarea conceptului de „logaritm" în matematica modernă este o cale lungă. Astfel, expresia entropiei (în sensul lui Clausius şi Boltzman) foloseşte funcţia logaritmică. Analogul informaţional al entropiei, propus de Claude Shannon, utilizează de asemenea funcţia logaritmică, o semnificaţie deosebită avînd aici logaritmii în baza 2. — *M.S.*

Primii logaritmi ai lui Neper prezentau unele dificultăți în calculele practice. De aceea Briggs, după ce s-a consultat cu Neper, a elaborat noi tabele de logaritmi, în care logaritmul unității era zero, iar logaritmul numărului 10 era 1. În felul acesta, el a calculat logaritmii vulgari ai primelor 31 000 de numere întregi cu 14 zecimale.

Tabelele de logaritmi, care răspundeau unei necesități urgente a calculatorilor, în special a astronomilor, s-au bucurat de un succes imediat și considerabil. Între 1614, data publicării lucrării *Mirifici logarithmorum canonis descriptio* și anul 1631, au apărut peste douăzeci de lucrări. Printre aceste tabele figurează acel al antilogaritmilor lui Bürgi, tipărit la Praga în 1620, dar elaborat de autorul ei între anii 1601 și 1611, deci independent de lucrările lui Neper.

Printre alți autori figurează John Speidell, Kepler, Briggs, Edmund Gunter, inventatorul riglei de calcul, Vlacq, și Denis Henrion, care, deși nu a realizat o operă originală, a publicat în 1626, prima lucrare franceză în această problemă.

ANALIZA COMBINATORIE ȘI PROBABILITĂȚILE. La aceste noi realizări ale secolului trebuie să adăugăm analiza combinatorie, care apare devreme la mai mulți autori, dar în care Fermat se distinge, o dată mai mult, dînd, încă înainte de 1636, formula numerelor figurative, pe care astăzi o exprimăm în felul următor:

$$C_n^p = \frac{n(n-1)\ldots(n-p+1)}{p!}.$$

Pascal, în mica sa lucrare din 1654 asupra triunghiului aritmetic, stabilește această formulă prin inducție completă, metodă deja folosită de Arhimede, Maurolico, Bachet de Méziriac, dar care va fi extinsă abia de Jacques Bernoulli.

Mai putem cita în legătură cu aceaste cercetări și studiile asupra pătratelor magice, preocupare a unor analiști devenită la modă datorită lui Bachet care a publicat lucrări pe această temă în 1612 și 1624. Fermat se ocupă de aceste probleme după 1630, cu o virtuozitate strălucită. Frénicle de Bessy (1605?—1675) se distinge și el în acest domeniu, de altfel ca și în teoria numerelor.

Deși exemple izolate de calcul al probabilităților se găsesc la Pacioli, Cardano, Galilei, acest capitol al matematicii s-a născut cu adevărat în 1654, dintr-un schimb de corespondență între Blaise Pascal, pe atunci în vîrstă de 31 de ani (cînd redactează *Tratatul despre triunghiul aritmetic* și tratatele anexe), și Fermat, care avea 53 de ani. În acest stadiu, calculul probabilităților este legat de analiza combinatorie. Procedeele lui Fermat sînt net superioare celor ale tînărului său emul. Huygens, care este informat asupra acestei corespondențe, se interesează și el de problemele respective și publică în 1657 primul tratat de calcul al probabilităților intitulat *De ratiociniis in ludo aleae*.

C. CREAREA CALCULULUI INFINITEZIMAL

Dacă ar trebui să rezumăm în cîteva cuvinte descoperirile esenţiale ale secolului, am menţiona, în primul rînd, analiza lui Viète, despre care am mai vorbit, şi cele două discipline care au rezultat din dezvoltarea ei: teoria ecuaţiilor algebrice şi geometria analitică; apoi analiza infinitezimală cu cele două ramuri la început distincte, calculul diferenţial şi calculul integral, care-şi vor găsi legătura strînsă, şi de altfel şi denumirile lor, de-abia în opera lui Leibniz şi Newton. Ne vom ocupa în cele ce urmează de istoria analizei infinitezimale.

FERMAT. MAXIMELE ŞI TANGENTELE. Începînd cu 1629 sau 1630, Fermat se află în posesia unei reguli pentru determinarea valorilor extreme ale funcţiilor algebrice. La această descoperire l-a condus lectura lucrărilor lui Pappus, dar ea nu a putut lua naştere decît la un discipol al lui Viète.

Urmîndu-l pe Montucla, mulţi istorici afirmă că Fermat îşi întemeiază metoda pe principiul invocat de Kepler în *Stereometria doliorum*: o mărime care atinge valoarea maximă sau minimă are în vecinătatea acestora variaţii insensibile. În realitate, principiul lui Fermat este cu totul altul.

De o parte şi de alta a valorii extreme funcţia are valori egale. Dacă polinomul studiat este $P(x)$ şi dacă a este apropiat de valoarea maximă, vom scrie $P(a+e) = P(a)$, ceea ce ne va da o ecuaţie în e, care admite rădăcina evidentă 0 şi o a doua rădăcină e, maximul avînd loc pentru o valoare a lui x cuprinsă între a şi $(a+e)$. După simplificare prin e rămîne o ecuaţie $Q(a,e) = 0$. Dacă a tinde spre valoarea extremă căutată, e tinde către 0. Fermat determină deci valoarea extremă prin ecuaţia $Q(a,0) = 0$.

Vrînd să aplice aceeaşi metodă la determinarea tangentelor, el se sprijină pe faptul că tangenta se situează în preajma punctului de contact în întregime de aceeaşi parte a curbei. Fie acum o curbă „geometrică" reprezentată de ecuaţia $P(x,y) = 0$, unde P este un polinom. Tangenta într-un punct M de coordonate x_0, y_0 taie axa x-ilor, într-un punct de abscisă $x_0 - s$, unde prin s s-a notat subtangenta. Punctul curent al acestei tangente are deci drept coordonate x şi $y = \frac{y_0}{s}(x - x_0 + s)$.

Să introducem această valoare a lui y în $P(x,y)$. Obţinem un nou polinom în x. Întrucît în vecinătatea punctului M, tangenta rămîne în aceeaşi regiune în raport cu curba, acest polinom, care se va anula pentru $x = x_0$, va avea semn constant în această vecinătate. El va trece deci în x_0 printr-un maxim sau minim. Exprimînd acest fapt prin metoda lui Fermat, vom ajunge la o ecuaţie care ne va da subtangenta: s.

Iată cum se exprimă autorul însuşi în 1637, folosind exemplul parabolei (fig. 15).

„Fie dată, de exemplu, parabola B.D.N. cu vîrful în D şi diametrul D.C.; fie dat pe ea punctul B, prin care trebuie să ducem dreapta B.E. tangentă la parabolă şi care să întîlnească diametrul în E. Dacă luăm pe dreapta B.E. un punct oarecare O, şi ducem ordonata O.I. a acestui punct, şi în acelaşi timp ordonata B.C. a punctului B, vom avea $CD/DI > BC^2/OI^2$, deoarece punctul O este exterior parabolei. Dar $BC^2/OI^2 = CE^2/IE^2$ din cauza asemănării triunghiurilor. Deci $CD/DI > CE^2/IE^2$. Dar punctul B este dat,

deci este dată ordonata B.C., și deci și punctul C., deci și C.D. Fie deci CD = d, o mărime dată. Să punem CE = a și CI = e. Vom avea: $d/(d-e) > a^2/(a^2 + e^2 - 2ae)$. Să facem produsul mezilor și al extremilor: $da^2 + de^2 - 2dae > da^2 - a^2e$. Să adegalăm[4] deci după metoda precedentă. Vom avea, scăzînd termenii comuni: $de^2 - 2\,dae = -a^2e$ sau, ceea ce revine la același lucru, $de^2 + a^2e = 2dae$. Să împărțim toți termenii cu e: $de + a^2 = 2da$. Suprimați de, va rămîne $a^2 = 2da$, deci $a = 2d$. Am demonstrat astfel că C.E. este dublul lui C.D., ceea ce corespunde adevărului".

Fermat elaborează metoda sa a tangentelor în 1632.

Descartes este condus la aceeași problemă a construcției tangentelor sau, mai bine zis, a normalelor la curbele geometrice, de studiile sale de optică.

După ce a descoperit legile refracției, el caută, destul de tîrziu, după cum se pare, dar cu siguranță înainte de 1636, o curbă care să aibă proprietatea că dacă A și B sînt două puncte date, orice rază luminoasă care vine din A și se refractă pe curbă trece prin B.

O analiză pe care noi o ignorăm îl face să găsească ovalele sale, primele curbe definite parametric. Pentru a-și expune descoperirea așa cum apare în geometria sa, el imaginează o metodă de construcție a normalelor la curbele geometrice.

Dacă PC este normala în C la curba $F(x,y) = 0$ (F fiind un polinom), și dacă P este piciorul ei pe axa x-ilor, vom scrie ecuația cercului cu centrul în P și care trece prin C și vom exprima faptul că el întîlnește curba în două puncte confundate, deci că ecuația absciselor intersecției admite o rădăcină dublă. Sîntem astfel conduși la o problemă de algebră pură pe care Descartes o tratează prin metoda coeficienților nedeterminați al cărei autor este (fig. 16).

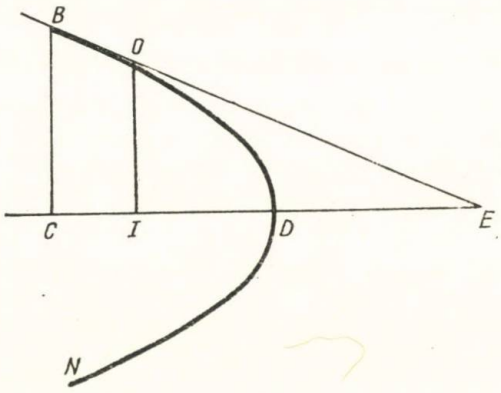


FIG. 15. CONSTRUCȚIA UNEI TANGENTE, DUPĂ FERMAT

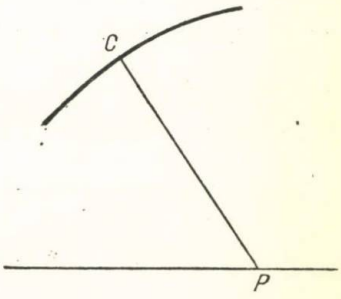


FIG. 16. CONSTRUCȚIA UNEI NORMALE, DUPĂ DESCARTES

[4] Expresia „a adegala" are sensul de a egala aproximativ; ea este luată de Fermat din traducerea latină a lui Diofant efectuată de Xylander. — *N.A.*

Metodele lui Descartes și ale lui Fermat, strîns dependente de geometria analitică, nu pot fi aplicate ca atare decît la curbele „geometrice". Fiind conștienți amîndoi de această imperfecție, ei o înlătură fiecare în felul său. Și în această privință Fermat este incontestabil superior rivalului său. Descartes nu se ocupă de fapt de această problemă decît o singură dată, pentru a găsi tangentele ruletei sau cicloidei. El înlocuiește cu succes cercul generator printr-un poligon, ceea ce îl ajută să găsească centrul instantaneu al rotației și proprietatea normalei la curbă de a trece prin acest centru.

Fermat formulează principiul că este posibil „să substituie ordonatelor curbelor ordonatele tangentelor" și „arcelor de curbe lungimile corespunzătoare ale tangentelor găsite". El va justifica parțial, în 1660, aceste afirmații datînd din 1640, care-i vor permite să construiască tangentele la mai multe curbe transcendente, de care s-a ocupat încă în 1638.

Iată, de pildă, o problemă pe care el o punea la această dată. Fie BE, BD, BF, BA un număr oarecare de curbe date prin poziția lor și care trec prin același vîrf B și fie MB o altă curbă cu același vîrf aleasă, în așa fel ca aplicatele[5] acestei din urmă curbe, MC, să fie medii proporționale dintre suma porțiunilor celorlalte curbe AB, BF, BD, BE și suma aplicatelor AC, FC, DC, EC (fig. 17.). Să găsim o tangentă într-un punct dat al acestei din urmă curbe.

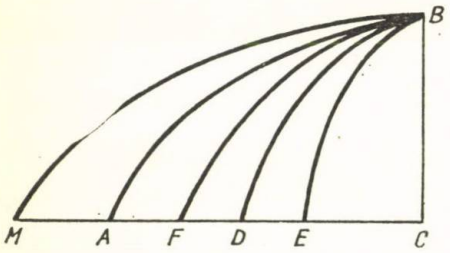


FIG. 17. O PROBLEMĂ CU TANGENTE STUDIATĂ DE FERMAT

„Dacă vreți ca celelalte curbe din exemplul meu să fie un cerc, o parabolă, o hiperbolă și o elipsă, sînt de acord și voi găsi soluția pentru orice număr și orice specie a curbelor date, și aceasta fără nici o asimetrie (sau o expresie care ar cuprinde radicali), ceea ce pare uimitor".

În timp ce Descartes și Fermat studiază problema tangentelor prin metode pur algebrice, pe care le extind totuși apoi și la curbe „mecanice", Roberval folosește un procedeu cinematic. De fapt, el a studiat tangentele la concoida lui Nicomedes, din punct de vedere algebric, pentru a discuta existența rădăcinilor unor ecuații de gradul al patrulea. În aceasta, el este un discipol al lui Viète și se situează pe același teren ca și Fermat. Dar în metoda sa cinematică a tangentelor, el consideră direcția vectorului viteză, direcție pe care o obține descompunînd mișcarea unui mobil pe curba traiectoriei în alte două mișcări. Totuși el nu tratează problema decît în mod geometric și nu deduce în mod net un algoritm. Metoda sa este în fond identică cu procedeul nostru

[5] Ordonatele.

care, pentru curbele date prin expresii parametrice ale lui x și y, constă în a lua drept tangentă dreapta de suport a vectorului de coordonate x' și y'. Această metodă este aproximativ contemporană cu a celorlalți doi autori, datînd din 1638.

Torricelli a avut concepții cinematice apropiate de cele ale lui Roberval și care l-au inspirat mai tîrziu pe Barrow în lucrarea sa *Lectiones geometricae* din 1670.

Metodele lui Fermat și ale lui Descartes, care sînt, în ultimă analiză, identice în principiul lor, au fost sistematizate în algoritmi, cel puțin pentru curbele geometrice, de către matematicienii din generația următoare. Este vorba, pe de o parte, de elevii lui Schooten, Hudde și Huygens, și Sluse, canonic din Liège, care se consideră continuator al lui Viète deși a resimțit la Roma o influență puternică a școlii lui Galilei prin intermediul lui Ricci. Pe de altă parte, este vorba, ce-i drept, ceva mai tîrziu, de englezul Barrow, influențat puternic și el de Ricci și de școala italiană și care a fost predecesorul la catedră al lui Newton. Cu Barrow sîntem în acest domeniu foarte aproape de calculul lui Leibniz.

INDIVIZIBILELE. Originea calculului integral trebuie căutată încă în *Elementele* lui Euclid și mai ales la Arhimede. Occidentul a luat cunoștință de problemele care constituie materia acestui calcul prin operele marelui matematician din Siracuza, care i-au devenit accesibile la sfîrșitul secolului al XVI-lea. Luca Valerio a fost unul dintre primii care a asimilat aceste opere și a publicat, în 1604, cercetările sale asupra centrelor de greutate.

Gloria de a fi dat din nou avînt calculului integral este prin tradiție legată de numele lui Cavalieri (1598?—1647), discipol destul de indirect al lui Galilei. Dreptatea cere totuși să arătăm că dacă celebra sa lucrare *Geometria indivisibilibus continuorum nova quadam ratione promota*, apărută în 1635, a avut o influență determinantă asupra generației următoare, au existat în epoca sa numeroși alți cercetători care au expus, independent de el, idei apropiate.

Cavalieri și-a elaborat concepțiile prin 1629, dar încă în 1615 J. Kepler folosește o metodă analogă în *Nova stereometria doliorum vinarium*, ce-i drept, cu mai multă dezinvoltură și cu unele rezultate false. Asimilînd o curbă cu un poligon cu un număr infinit de laturi, el conturează deja destul de precis noțiunea de indivizibil. De asemenea, iezuitul Grégoire de Saint-Vincent (1584—1667) a ajuns în 1625 la rezultate frumoase, bazîndu-se pe metode riguroase de expunere care se înrudeau direct cu metoda exhaustivă folosită de antici. Din păcate, pierderea majorității hîrtiilor sale în timpul incendiului de la Praga nu i-a permis să-și publice concluziile decît în 1647, cînd apare voluminoasa lui lucrare *Opus geometricum quadraturae circuli et sectionum coni*. Defavorizat în timp, el a fost pus de asemenea în condiții grele de grija sa extremă pentru rigurozitate — de aici, de caracterul greoi al demonstrațiilor sale —, iar pe de altă parte, de tentativa sa nefericită de a rezolva problema cvadraturii cercului, care i-a discreditat întru-

cîtva lucrările. Totuși Leibniz îl citează cu multă considerație, alături de Cavalieri și de Pascal, printre inspiratorii săi.

În Franța, independent de Cavalieri, Descartes, Fermat și Roberval, ajutați substanțial de algebra literală, rezolvă curînd problema cvadraturii parabolelor de forma $y = ax^m$, apoi (Fermat și Roberval) a cvadraturii parabolelor de formă mai generală $y^p = ax^m$, a cubaturii paraboloizilor de revoluție și determină centrele de greutate. Această din urmă problemă nu va fi abordată de Cavalieri decît ceva mai tîrziu, la îndemnul lui Jean de Beaugrand, după 1640 și în parte ca o replică la lucrările lui Guldin (1577—1643). Iezuit austriac, acesta din urmă a rămas celebru datorită teoremelor sale asupra volumelor și ariilor corpurilor de revoluție în legătură cu centrele de greutate ale plăcilor și ale curbelor plane. Aceste teoreme figurează încă la Pappus.

Toate metodele folosite de autorii citați sînt strîns legate de tradiția arhimedeană, care nu este cunoscută decît prin expunerile sintetice ale maestrului, fiindcă scrisoarea către Eratostene, în care el își dezvăluie analiza sa, n-a fost regăsită decît abia la începutul secolului al XX-lea. Înzestrați cu un simț profund al matematicii, ei reușesc, fiecare în felul său, să reconstituie această analiză. Ei sînt convinși — fiind de bună-credință — că depășesc și îmbunătățesc modelul lor. De aici nesfîrșite discuții asupra priorității și acuzații reciproce de plagiat, crimă de care îi descărcăm ușor pe toți, sau aproape pe toți, destul de suspect rămînînd doar Beaugrand.

Fermat este adept al unei demonstrații sintetice strînse, dar, prins de ocupațiile sale și prizonier al geniului său care-l face să treacă cu ușurință de la o descoperire la alta, el se mulțumește cu analiza pe care, de altfel, nici măcar nu are totdeauna timp s-o expună, și atunci enunță rezultatul fără demonstrație.

Cavalieri, căruia îi lipsesc, din păcate, resursele algebrei literale, se străduiește să-și sistematizeze metodele într-un mare tot organic. Încercarea sa este ispititoare, și profunzimea vederilor sale nu a fost suficient scoasă în evidență de istorici. Astfel, pentru el, dacă o figură plană poate fi măsurată prin considerarea „ansamblului liniilor sale" paralele cu o direcție, acest ansamblu se obține printr-o mișcare care mătură suprafața, dîndu-i — ca să vorbim în stil modern — nu puterea unui infinit numerabil, ci puterea continuului. Pe de altă parte, concepția sa foarte generală asupra asemănării, din Cartea I a lucrării, depășește considerabil rezultatele grecilor, iar artificiile sale geometrice sînt dintre cele mai ingenioase. Totuși, tentativa sa va constitui un eșec din punct de vedere teoretic, deoarece multe dintre demonstrațiile sale vor fi contestabile și el va fi nevoit să adauge la postulatele geometriei grecești cîteva alte postulate, de care, într-o logică strînsă, ne putem lipsi. Dar în acest caz trebuie să adoptăm punctul de vedere al lui Roberval vulgarizat de Pascal (1659):

„... Tot ce este demonstrat prin regulile adevărate ale indivizibilelor poate fi la rigoare demonstrat și în maniera anticilor, așa încît cele două metode nu diferă decît prin modul de a vorbi. Aceasta nu poate să supere persoanele rezonabile, dacă au fost prevenite ce se

înţelege prin aceasta. Iată de ce voi folosi fără reticenţe în cele ce urmează limbajul indivizibilelor — *suma liniilor* şi *suma planelor*. Astfel, cînd voi considera, de exemplu, diametrul unui semicerc divizat într-un număr infinit de părţi egale prin punctele Z, din care se duc ordonatele Z.M., voi face uz fără nici o reticenţă de expresia *suma ordonatelor*, care pare să nu fie geometrică celor care nu înţeleg doctrina indivizibilelor şi care consideră că este un păcat făptuit împotriva geometriei încercarea de a exprima un plan printr-un număr infinit de linii, ceea ce se explică doar prin lipsa lor de înţelegere, deoarece prin aceasta nu se înţelege altceva decît suma unui număr infinit de dreptunghiuri alcătuite de fiecare ordonată cu fiecare dintre micile părţi egale ale diametrului, iar suma lor este, bineînţeles, un plan, care diferă de suprafaţa semicercului cu o cantitate mai mică decît oricare cantitate dată".

Acest text poate să pară la prima vedere o definiţie elementară excelentă a integralei noastre definite. În ultimele lui rînduri apare chiar definiţia unei limite. În realitate, el este un rezumat al metodei exhaustive folosite de antici şi expunerea ei cît mai clare în limbajul indivizibilelor. Sub influenţa lui Leibniz, aceste noţiuni atît de clară se vor estompa în cursul secolului al XVIII-lea. Acesta va fi preţul progreselor imense pe care Leibniz însuşi le-a realizat în domeniul calculului integral. Secolul al XIX-lea, în special prin Cauchy, va marca o revenire la concepţiile arhimedene.

PRINCIPALELE REZULTATE NOI. Metoda integrării directe, numită a indivizibilelor — în limbajul lui Cavalieri, demonstrează, în principal, că (folosind notaţiile moderne):

$$\int_0^a x^m \mathrm{d}x = \frac{1}{m+1} a^{m+1} .$$

Cavalieri stabileşte acest rezultat în 1629 (şi îl publică în 1635) pentru puterile unu şi doi, apoi, după publicarea lucrării, pentru puterile trei şi patru, iar prin inducţie incompletă, pentru toate puterile întregi pozitive.

În 1635, acest rezultat era riguros demonstrat de Fermat, care a reuşit, în aceeaşi epocă sau în orice caz înainte de 1638, să-l extindă la puterile fracţionare pozitive (în terminologia sa era vorba de a găsi cvadratura parabolelor generale $y^p a^m = b^p x^m$). Roberval a obţinut rezultate de acelaşi ordin. Cînd Torricelli apare pe scena matematicii, procedee abile de folosire a indivizibilelor curbe îi permit să descopere în 1641 volumul „conoidului ascuţit", obţinut prin rotaţia unei hiperbole în jurul asimptotei sale. Incitat de polemica sa cu Roberval să-şi extindă rezultatele, el găseşte cvadratura hiperbolelor generale $x^n y^p = a^n b^p$,

Wallis se va iniţia în aceste calcule prin lucrările lui Torricelli şi Cavalieri. În 1656, în lucrarea sa *Arithmetica infinitorum*, el dă o expunere de ansamblu a rezultatelor lor pe baza metodei inducţiei incomplete, pornind, în mod abstract, de la calcule numerice. Este una dintre primele încercări făcute în domeniul analizei infinitezimale de a se degaja de reprezentarea spaţială.

Problemele cicloidei, sau ale curbei descrise de un punct al circumferinţei unui cerc care se rostogoleşte fără alunecare pe o dreaptă din planul său, sînt legate de problemele de mai sus, dar implică şi funcţii trigonometrice. Propusă — pare-se — de Mersenne lui Roberval şi studiată, după cum se crede, de Galilei, problema cvadraturii unui arc al curbei a fost rezolvată mai întîi de Roberval, în 1637, graţie unui procedeu foarte simplu şi ingenios. Cu această ocazie, Roberval descoperă sinusoida, pe care o botează „însoţitoarea ruletei". Imediat ce Fermat şi Descartes află despre reuşita acestei integrări, ei propun propriile lor soluţii, fiind urmaţi după cîţiva ani de către Torricelli. Tangenta a fost găsită de Roberval, promotorul şi cel care a descoperit cu acest prilej metoda sa cinematică, apoi, aproape în acelaşi timp, în 1638, de Descartes, prin folosirea centrului instantaneu de rotaţie, şi de către Fermaţ, prin metodele sale generale. În 1641, Torricelli a descoperit şi el metoda cinematică, pe care Viviani, la rîndul său, a aplicat-o în 1643, pentru construirea tangentei la cicloidă.

Roberval şi Torricelli calculează amîndoi volumul generat prin rotirea unei bucle în jurul bazei şi Torricelli crede chiar, în 1644, că a găsit volumul obţinut prin rotirea în jurul axei, precum şi poziţia exactă a centrului de greutate al unei plăci formate de o jumătate de buclă. El îşi expune rezultatele fără demonstraţie.

Roberval se apucă de lucru, constată o greşeală efectuînd o integrare aproximată, îi pune indirect emulului său întrebarea dacă este sigur de rezultatele sale şi obţine, în cele din urmă, la sfîrşitul anului 1645, după doi ani de trudă, rezultatul exact. Cu această ocazie, el perfecţionează tehnica integrării. La rîndul lor, metodele sale vor fi îmbunătăţite şi dezvoltate de Pascal în timpul marii dispute din 1658 asupra problemelor pe care acesta, sub pseudonimul de Dettonville, le pune tuturor matematicienilor în legătură cu cicloida.

Cvadratura parabolelor de toate gradele (monoamele noastre) era deci la sfîrşitul secolului o problemă rezolvată. Cvadratura cercului rămînea în suspensie, ceea ce este şi explicabil, dar problemele legate de cicloidă erau reduse la cvadraturile unor funcţii de forma $x^m \sin^n x$, unde m şi n sînt primele numere întregi pozitive.

Torricelli, iar după el Roberval, Fermat, apoi Wallis obţinuseră cvadratura hiperbolelor, adică integrarea monoamelor de forma x^{-r}, unde r este un număr raţional pozitiv. Numai cvadratura hiperbolei obişnuite — hiperbola lui Apollonios —, la care $r = 1$, rezista metodelor lor.

Roberval remarcase totuşi, incidental, în 1643, că absciselor care cresc în progresie geometrică le corespund arii care cresc în progresie aritmetică. Această proprietate a fost însă expusă mult mai explicit de către Grégoire de Saint-Vincent, în marele său tratat, din 1647. Este probabil că el o descoperise înainte de 1625. Ea sugerează o legătură între cvadratura acestei hiperbole şi noua teorie a logaritmilor. Această legătură avea s-o pună în evidenţă discipolul său Sarasa.

Între timp, calculul indivizibilelor pătrundea în alte domenii. În afară de determinarea centrelor de greutate, el avea să permită și rectificarea arcelor de curbă.

Ocupîndu-se, la îndemnul părintelui Mersenne, de planul înclinat în ipoteza liniilor de greutate convergente, cercul de matematicieni de la Paris găsea o curbă spirală, spirala noastră logaritmică, și stabilea principalele ei proprietăți. Descartes a intervenit prin corespondență în aceste discuții. El a arătat că această curbă mecanică are o lungime finită.

Comparînd lucrările lui Arhimede cu privire la parabolă pe de o parte și cele cu privire la spirala $\rho = a\omega$ pe de altă parte, Cavalieri și Grégoire de Saint-Vincent găsiseră, încă înainte de 1630, numeroase relații între aceste două curbe. Roberval, în 1642, a arătat egalitatea dintre arcele acestor două curbe. Curînd după aceasta, Torricelli ajunge la același rezultat, extinzîndu-l asupra parabolelor și asupra spiralelor celor mai generale, curbe descoperite de mai mulți ani de Fermat. El a regăsit cu această ocazie spirala logaritmică, pe care a numit-o spirală geometrică, stabilind toate proprietățile ei care puteau fi constatate. la acea epocă.

Dar cele mai importante rezultate în domeniul rectificării curbelor aveau să fie obținute în jurul anului 1658. Vom reveni la această problemă.

CVADRATRICELE LUI ROBERVAL. Trebuie să menționăm, în prealabil, o descoperire destul de simplă, dar importantă, făcută de Roberval, care stabilea o legătură fundamentală între determinarea tangentelor și calculul ariilor. Această descoperire demonstrează, de altfel, superioritatea concepției sale asupra indivizibilelor, față de cea a lui Cavalieri.

El observă, probabil în 1645, faptul următor:

Fie o curbă convexă AC și o axă $x'Ax$. Într-un punct curent M se duce o tangentă MT care întîlnește axa în T. Perpendiculara pe axă în T și paralela la axă dusă prin M se întretaie în N. Fie AΓ curba care reprezintă locul geometric al lui N. Ariile cuprinse între curba AC, ordonata Mm și porțiunea Am a axei, pe de o parte, și curba AC, paralela NM la axă și curba AΓ pe de altă parte, sînt echivalente (fie. 18).

La 1 ianuarie 1646, Roberval îi comunică acestea lui Torricelli, care găsește imediat o demonstrație și o folosește cu rezultate bune pentru cvadraturile hiperbolelor. „Cvadratricele lui Roberval" au constituit un important

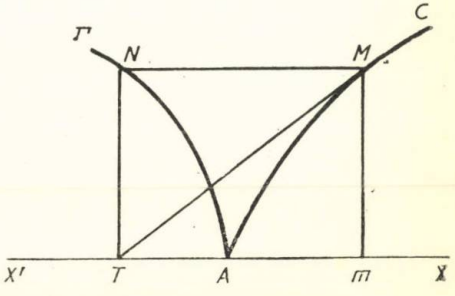


FIG. 18. CVADRATRICEA LUI ROBERVAL

instrument de integrare înainte de descoperirile lui Newton şi Leibniz. Ricci, prietenul lui Torricelli, dădea o înaltă apreciere acestei descoperiri. Ea a fost folosită pe scară largă de James Gregory şi a înlesnit unul dintre primele succese ale lui Leibniz, pe care acesta îl împarte cu Gregory: descoperirea seriei: $\frac{\pi}{4} = 1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} \ldots$

PROBLEMA INVERSĂ A TANGENTELOR. Înainte de a examina contribuţia generaţiei care precede direct pe Leibniz şi Newton — cea a lui Wallis, Barrow, Pascal, Huygens, Gregory — trebuie să ne oprim şi asupra unei alte mari probleme infinitezimale, problema inversă a tangentelor: determinarea unei curbe prin proprietăţile ei tangenţiale. Să ne întoarcem la cercetările optice ale lui Kepler, incluse în cartea sa editată în 1604, *Ad Vitellionem paralipomena*. În această lucrare se găseşte o problemă de acest gen. Kepler caută anaclastica sau curba care are proprietatea că toate razele paralele care se refractă, trecînd prin ea, converg într-un acelaşi punct. Ca legi ale refracţiei, el nu dispune decît de tabelele numerice foarte rudimentare ale lui Witelo. De aceea îşi dă perfect seama că nu poate obţine rezultatul dorit. Cu toate acestea, el studiază curba calitativ cu ajutorul tangentelor ei, îi găseşte direcţia concavităţii şi arată că ea admite o asimptotă. Ajuns aici, se opreşte, neputînd conchide că este o hiperbolă a lui Apollonios, curbă cu care ea seamănă totuşi mult. Definirea şi construirea logaritmilor de către Neper constituie o problemă de acelaşi ordin.

După aceste prime exemple, putem cita analiza rămasă necunoscută, care l-a condus pe Descartes la ovalele sale, şi pe aceea care i-a condus pe matematicienii din Paris la spirala logaritmică.

Determinarea centrului de greutate al parabolelor şi al paraboloizilor de revoluţie este tratată de Fermat în 1635, în acelaşi spirit. Dar mai celebră este problema propusă în 1638 de F. de Beaune care cere, foarte explicit, construirea unei curbe pe baza unei proprietăţi tangenţiale. Aceasta este o curbă logaritmică în coordonate oblice. Modul cum este tratată această problemă de Descartes aminteşte consideraţiile lui Kepler asupra anaclasticii.

Vom remarca, de asemenea, că, cel puţin în aceste cazuri privilegiate (parabole, hiperbole, curba logaritmică), transformarea lui Roberval leagă deja între ele problema calculului ariei şi cea a determinării tangentei.

JOHN WALLIS. Să examinăm acum contribuţia unei generaţii mai noi. Wallis (1616—1703), după cum arată el însuşi, este în matematică un autodidact care se formează începînd cu anul 1647, prin studierea lucrărilor lui Oughtred, Harriot şi Torricelli. Domeniul său de predilecţie este cel al calculului numeric în care dă dovadă de o mare virtuozitate, deşi îşi întemeiază metodele pe inducţia incompletă despre care Fermat va spune:

„Numitul domn Wallis propune o serie de cantităţi începînd cu 0 (care reprezintă un punct) şi care se succed în progresie aritmetică şi caută ce raport există între suma acestor cantităţi şi suma termenilor egali cu cea mai mare dintre date.

Procedeul pe care îl foloseşte pentru a găsi acest raport constă în a lua sumele diverselor cantităţi de numere începînd cu cele mai mici, apoi în a compara rapoartele unele cu altele şi a stabili de aici o propoziţie universală.

Această metodă ar putea fi folosită dacă demonstrarea a ceea ce este propus ar fi ascunsă şi dacă înainte de a se angaja în căutarea ei am dori să ne asigurăm cu aproximaţie de adevărul ei; dar nu trebuie să ne încredem în ea decît relativ şi trebuie să luăm măsurile de precauţie necesare. Căci s-ar putea propune cutare lucru şi adopta cutare regulă, pentru a găsi că este bună în mai multe cazuri particulare şi totuşi ea ar fi în realitate falsă şi lipsită de caracter universal..."

Critica lui Fermat este justificată. Totuşi progresul matematicii se va desfăşura prin această încălcare a spiritului de rigoare, care în curînd nu va mai fi reprezentat decît de Huygens şi Newton. Dar chiar şi aceşti doi oameni de ştiinţă vor acorda uneori prioritate eficienţei procedeelor, faţă de justificarea lor teoretică.

Oricum ar fi, lui Wallis îi datorăm faptul că a arătat interesul pe care-l prezintă şi utilitatea pe care o au aproximaţiile numerice nelimitate. El manifestă, de pildă, interes pentru fracţiile continue zecimale şi sexagesimale, arătînd că rapoartele raţionale dau naştere la fracţii periodice, iar cele iraţionale la fracţii neperiodice. El dă celebrul său produs infinit pentru aproximarea nelimitată a fracţiei $4/\pi$. Prietenul său lord Brouncker găseşte o expresie a aceluiaşi număr cu ajutorul unei fracţii continue. Acest din urmă algoritm, schiţat de Bombelli, fusese tratat sistematic la începutul secolului de Cataldi, profesor la Bologna. Wallis a elaborat un alt studiu sistematic asupra acestei probleme, legînd-o de fracţiile zecimale. Schwenter (1585—1636) a utilizat acest algoritm în practică, în 1627. L-a folosit şi Huygens cu prilejul construirii automatului său planetar, dar această parte a lucrărilor sale nu va fi cunoscută decît în 1713, după moartea sa.

SERIILE CONVERGENTE. Cucerirea esenţială a şcolii lui Wallis o constituie seriile convergente.

Expresia apare, în limba latină, avînd un sens analitic, la James Gregory (1638—1675) (*Vera circuli et hyperbolae quadratura*, 1667), într-o accepţie uşor diferită de cea pe care i-o dăm astăzi. La Gregory e vorba de şiruri care dau alternativ valori prin exces şi prin lipsă ale unui sector circular, fiecare pereche succesivă de valori situîndu-se în interiorul intervalului format de perechea precedentă. În acest caz nu mai este necesar ca şirul să fie convergent în sensul actual al termenului. Cuvîntul „convergent" este luat din limbajul opticii, James Gregory fiind şi optician.

Adevăratele serii convergente, pe care, de altfel, Gregory le va utiliza ulterior, apar în 1650 la Mengoli (1626—1686), profesor la Bologna. Dar deşi acest profesor era cunoscut de cercurile ştiinţifice engleze în jurul anului 1670, lucrările sale par să nu fi avut un răsunet important.

Cel care a lansat cu adevărat această metodă foarte importantă este Nicolaus Mercator (Kauffman), născut în 1620 în Holstein şi mort la Paris în 1687. În lucrarea sa, *Logarithmotechnia*, publicată la Londra în 1668, el găseşte aria hiperbolei reducînd mai întîi problema la o serie geome-

trică $\frac{1}{1+x}$, pe care o integrează apoi termen cu termen, după metoda lui Wallis. De altfel, acesta din urmă a găsit în acelaşi an rezultate analoge pe care le-a publicat în 1670.

Metoda a avut un succes fulgerător şi după cîţiva ani James Gregory, Newton, Leibniz excelează în acest domeniu. Laurii îi revin, indiscutabil, lui Isaac Newton, care găseşte seriile nu numai prin împărţire, ci şi cu ajutorul binomului care-i poartă, pe bună dreptate, numele, pentru puterile raţionale ale lui $(1+x)$. El dezvăluie, în 1676, la mulţi ani după descoperire, că a găsit dezvoltările expresiilor Arcsin x, Arcsinus—versus x, sin x, cos x etc., precum şi serii analoge pentru arcele de elipsă şi chiar pentru segmentele şi arcele cvadratricei lui Dinostrates.

Dacă nu ne aflăm încă în domeniul calculului infinitezimal clasic, ne apropiem mult de el.

HUYGENS. Ca matematician, Huygens are o factură cu totul diferită de cea a lui Wallis. El este, chiar într-o măsură mult mai mare decît Cavalieri şi Torricelli, produsul unei educaţii academice mult evoluate. Cei doi elevi ai lui Castelli au fost, din păcate, lipsiţi de influenţa lui Viète. Dimpotrivă, frumoasa falangă a elevilor lui Schooten a cunoscut, în afară de influenţa marilor clasici greci, pe cea a lui Viète şi pe cea, chiar mai directă şi mai modernă, a lui Descartes. Într-adevăr, Schooten a fost editorul operelor celor doi mari matematicieni şi discipolul direct al lui Descartes.

Cînd această influenţă binefăcătoare se aliază cu talentul elevului, ea dă rezultate frumoase, ca cele obţinute de Hudda, sau de van Heuraet. Atunci cînd ea este exercitată asupra unui geniu, ne aflăm în faţa unui Huygens (1629—1695). Nu ne ocupăm aici decît de aspectul pur matematic al operei acestui savant universal, deşi caracterul artificial al unui asemenea procedeu este evident, aşa cum va fi evident şi în cazul lui Newton, care prezintă atîtea puncte de asemănare cu el. Huygens îmbină un mare geniu inventiv cu un simţ al esteticii matematice din cele mai dezvoltate. Acest gust al elegantului şi al rigurosului îl opreşte să publice lucrările înainte de a fi perfect finisate, din care cauză apariţia lor este totdeauna tardivă. De aceea, analiza descoperirilor sale ar trebui făcută pe baza studierii corespondenţei pe care a purtat-o. Cea mai celebră dintre lucrările lui Huygens, *Horologium oscillatorium* (Paris, 1673), expune descoperirile referitoare la pendul, care s-au extins pe un interval de două decenii. Ea arată cum reacţionează un matematician de elită în faţa cerinţelor experienţei.

Tînărul Huygens îşi propune un scop tehnic: adaptarea pendulului la reglarea ceasornicelor. El constată că izocronismul oscilaţiilor nu este absolut, aşa cum crezuse Galilei. Pentru a corecta anizocronismul, el adoptă un procedeu de reducere automată a lungimii pendulului, atunci cînd amplitudinea oscilaţiilor creşte. Această reducere se obţine cu ajutorul a două arce simetric curbate în jurul punctului de suspendare a firului, arce pe care firul se va înfăşura parţial. Pînă aici sîntem în domeniul tehnicii empirice pure, deşi foarte elegante.

Dar matematicianul nu este satisfăcut. Care va trebui să fie traiectoria punctului greu pentru ca izocronismul să fie absolut? Întîlnim aici unul dintre primele exemple de probleme pe care și le vor pune în curînd un mare număr de matematicieni, mai ales discipolii lui Leibniz.

Calea pe care o urmează Huygens în descoperirile sale este cu totul diferită de cea pe care o urmărim în expunerea lui din 1673. El întreprinde mai întîi un prim studiu, în care sînt folosite procedeele lui Galilei atunci cînd traiectoria este un arc de cerc. Condus la o integrare directă (la indivizibile) care reclamă ceea ce mai tîrziu va căpăta denumirea de funcții eliptice, Huygens înlocuiește traiectoria printr-o parabolă supraosculatoare (semnalată, în esență, de Grégoire de Saint-Vincent în 1647, expresia însăși aparținînd însă școlii lui Leibniz). În felul acesta, el este condus la integrala:

$$\int_0^h \frac{dz}{\sqrt{z(h-z)}}.$$

Această integrală este cunoscută datorită transformării lui Roberval, dar trebuie să cunoaștem metodele lui Descartes pentru a vedea această legătură. Ea exprimă izocronismul perfect. Care va fi atunci traiectoria care va oferi riguros această integrare?

Ne aflăm însă în 1658, epoca în care Pascal a adresat tuturor matematicienilor lumii sfidarea sa în problema ruletei. Această curbă la modă aduce imediat soluția: traiectoria trebuie să fie o cicloidă.

RULETA. Iată-ne revenind la curba care este probabil cea mai importantă dintre toate curbele studiate în secolul al XVII-lea. Pascal expune în legătură cu ea o frumoasă elaborare a metodei indivizibilelor, din care extrage maximum de folos și care-și atinge aici apogeul. Dar Wren (1632—1723), care, în calitatea lui de arhitect, va reconstrui Londra după marele incendiu, rectifică arcul unei cicloide simple. Imediat, Pascal arată că arcele a două alte specii de cicloidă se reduc la arce de elipsă, iar Fermat demonstrează că curbele deduse din ruletă prin afinitate ortogonală se rectifică fie prin arce de cercuri, fie prin arce de parabole.

Rectificarea arcelor de curbe, redevenită o problemă la modă, face și alte progrese remarcabile. Aproape în același timp, independent unii de ceilalți, discipolul lui Wallis, W. Neil (1637—1670), olandezul Hendrik van Heuraet și Fermat rectifică parabola semicubică $ay^2 = x^3$. Fermat alcătuiește, de altfel, două frumoase memorii, primul publicat în operele prietenului său Laloubère (1600—1664) asupra arcelor de curbe, al doilea, care va fi publicat de către fiul său abia în 1679, aupra metodelor de integrare. Amîndouă, remarcabile prin rigoarea și eleganța lor, depășesc cu mult nivelul atins de Pascal. În memoriul al doilea găsim integrarea directă prin serii geometrice. Această metodă, destul de tardivă la Fermat, i-a fost probabil sugerată de demonstrația dată de Roberval în 1643, pentru propozițiile lui Torricelli asupra „conoidului ascuțit". A doua parte a memoriului expune procedee analitice de transformări de integrale, foarte elegante, dar greu de urmat, terminologia fiind încă prea imperfectă.

Toată lumea folosește la acea epocă triunghiul caracteristic pe care Leibniz, citindu-l pe Pascal în 1673, la îndemnul lui Huygens, l-a descoperit în lucrarea *Traité des sinus du quart de cercle*. Acest triunghi i-a fost foarte util, dar Dettonville însuși l-a folosit în alte împrejurări, de pildă, în scrisoarea sa către Huygens asupra „dimensiunii liniilor curbe ale tuturor ruletelor".

DESFĂȘURATELE ȘI DESFĂȘURĂTOARELE. Să ne întoarcem la Huygens și la studiile sale asupra pendulului. Folosind aparatul matematic al epocii sale, aparat care devine din ce în ce mai rafinat, el reușește să găsească curba izocronă. Acum trebuie să găsească forma lamelelor care reglează lungimea firului, astfel încît masa pendulului simplu să descrie ruleta. Deoarece firul rămîne tot timpul normal la traiectorie, Huygens este condus la studiul desfășuratelor și desfășurătoarelor, teorie pe care o fundează și o duce pînă la consecințele ei ultime. El determină desfășuratele conicelor, arată că desfășurata unei curbe geometrice este ea însăși o curbă geometrică și rectificabilă algebric și că desfășurata cicloidei este o cicloidă egală.

NEWTON. Doi oameni de știință, Newton și Leibniz, preluînd ca moștenitori toate lucrările secolului, le vor sintetiza și vor desprinde din ele noile calcule. De altfel, Huygens, în ultimii săi ani de viață, va fi unul dintre emulii lor și, în același timp, prieten și ocrotitor ai primilor lor discipoli.

Newton, în domeniul matematicii, se înrudește mult cu Huygens. Ca și acesta, el posedă solide cunoștințe de bază.

Prin formația sa generală, el poate fi de asemenea comparat cu amicul și predecesorul său la Catedra Lucasiană de la Cambridge, Isaac Barrow (1630—1677). Acesta din urmă, savant de mare cultură clasică, a dat excelente ediții prescurtate ale operelor matematicienilor greci. Lucrarea sa *Lectiones mathematicae* analizează cu multă profunzime fundamentele științei. În *Lectiones geometricae* din 1670, el pune în evidență legătura dintre problema inversă a tangentelor și cvadraturile curbelor.

Ca și Barrow, Newton cunoștea temeinic pe clasicii greci ai științei; în același timp era atras de savanții secolului său. În special, a asimilat bine lucrările lui Descartes. Cursurile lui publicate sub titlul *Arithmetica universalis* (1707) dovedesc acest lucru. Ele reprezintă, într-un fel, un comentariu și o completare a *Geometriei* lui Descartes.

Studiile sale asupra curbelor de ordinul al treilea, inspirate, poate, de critica lui Fermat la adresa clasificării date de Descartes, dezvoltă metodele geometriei analitice și demonstrează întreaga lor eficiență. Lucrarea sa de bază, *Principia*, este, din punctul de vedere al matematicii pure, un tezaur incalculabil în care sînt rezumate contribuțiile geometrice ale secolului și cele ale antichității.

Newton a ajuns la primele sale idei asupra calculului fluxiunilor și a descoperit dezvoltarea binomului prin anul 1665. Își tipărește însă descoperirile cu o mare întîrziere. Ideile sale asupra calculelor noi sînt enunțate în marea sa lucrare asupra sistemului lumii *Philosophiae naturalis principia mathematica* (1687) și în studiile sale *De analysis per aequationes numero terminorum*

infinitas, scris în 1669, dar publicat în 1711, *Method of Fluxions and Infinite Series*, scris în latină în 1671, dar tradus în engleză de John Collins și tipărit în această limbă în 1736, *Tractatus de quadratura curvarum*, scris în 1693, dar publicat în 1704 ca apendice la lucrarea sa *Opticks*.

În această din urmă scriere el declară:

„Nu consider mărimile matematice ca fiind formate din părți, oricît de mici ar fi acestea, ci ca fiind descrise de o mișcare continuă. Liniile sînt descrise și generate nu prin juxtapunerea părților lor, ci prin mișcarea continuă a punctelor, suprafețele prin mișcarea liniilor; corpurile solide prin mișcarea suprafețelor; unghiurile prin rotația laturilor; timpul printr-un flux continuu. Considerînd deci că mărimile care cresc în intervale de timp egale sînt mai mari sau mai mici, după cum cresc cu o viteză mai mare sau mai mică, am căutat o metodă pentru a determina mărimile după vitezele mișcărilor sau creșterile care le generează. Dînd numele de fluxiuni vitezelor acestor mișcări sau creșteri și numele de fluente mărimilor generate, am ajuns în anii 1665—1666 la metoda fluxiunilor, de care mă voi folosi pentru a calcula cvadratura curbelor".

Dacă x este mărimea generată, fluenta, fluxiunea ei va fi reprezentată prin $\dot{x}$. Dacă variabila independentă — timpul, în imaginea fizică adoptată de Newton — are un moment, sau o creștere infinit mică o, momentul lui x va fi $\dot{x}o$. Astfel, fluxiunea newtoniană nu este altceva decît derivata noastră actuală. Fluxiunea fluxiunii va fi reprezentată prin $\ddot{x}$ etc.

Mărimea a cărei fluxiune este x — așadar, fluenta lui x — va fi notată $\overline{|x|}$ sau x' sau $[x]$.

Algoritmul calculului fluxiunilor se bazează pe căutarea fluxiunii unui produs. Newton deduce, de exemplu, în lema II, din Cartea a II-a a *Principiilor* că fluxiunea produsului $A^mB^nC^p$ este

$$maA^{m-1}B^nC^p + nbA^mB^{n-1}C^p + pcA^mB^nC^{p-1},$$

unde a, b și c sînt fluxiunile lui A, B și C, oricare ar fi exponenții m, n, p, întregi, fracționari, pozitivi sau negativi.

Ideile lui Newton sînt, în fond, destul de apropiate de cele ale lui Leibniz. Totuși, expunerea sa, fără a atinge rigoarea de astăzi, este mai prudentă decît cea a emulului său. El își precizează concepțiile, fără a-și introduce de altfel, notațiile, la începutul *Principiilor*, expunînd ceea ce numește „metoda primelor și ultimelor rapoarte".

El enunță și stabilește următoarele leme (am modernizat unii termeni):

Lema I. „Cantitățile ca și rapoartele cantităților care într-un timp finit oarecare tind în mod constant spre egalitate, și înaintea sfîrșitului acelui timp tind mai aproape unul spre altul decît orice diferență dată, vor fi la urmă egale.

Dacă negi aceasta; fie în sfîrșit neegale, și fie ultima lor diferență D. Prin urmare nu pot să se apropie mai mult de egalitate decît diferența D: contra ipotezei".

Lema II. „Dacă într-o figură oarecare *Aac*E, cuprinsă între dreptele A*a*, AE și curba *ab*E se înscriu oricîte paralelograme A*b*, B*c*, C*d* etc., cuprinse între bazele egale AB, BC, CD, DE și laturile B*b*, C*c*, D*d* etc. paralele cu latura A*a* din figură; și dacă se completează paralelogramele *a*K*bl*, *b*L*cm*, *c*M*dn* etc. Apoi, dacă lățimea acestor paralelograme se micșorează și numărul lor crește la infinit; zic că ultimele rapoarte pe care

le au între ele figura înscrisă AK*b*L*c*M*d*D, cea circumscrisă A*albmcndo*E şi cea curbilinie A*abcd*E sînt rapoarte de egalitate (fig. 19).

Căci diferenţa dintre figura înscrisă şi cea circumscrisă este suma paralelogramelor K*l*, L*m*, M*n*, D*o*, adică din cauză că bazele tuturor sînt egale, dreptunghiul avînd baza unică K*b* şi suma înălţimilor A*a*, adică dreptunghiul AB*la*. Dar acest dreptunghi, deoarece lăţimea lui AB se micşorează la infinit devine mai mic decît oricare dreptunghi dat. Aşadar (din cauza lemei I) figura înscrisă şi cea circumscrisă, şi cu atît mai mult figura curbilinie intermediară devin la urmă egale".

Lema III. „Aceleaşi rapoarte ultime sînt şi rapoarte de egalitate cînd lăţimile AB, BC, CD etc. ale paralelogramelor sînt inegale şi toate se micşorează la infinit.

Căci fie AF egală cu lăţimea maximă, şi să completăm paralelogramul FA*af*. Acesta va fi mai mare ca diferenţa dintre figura înscrisă şi cea circumscrisă: dar lăţimea sa AF scăzînd la infinit, el va fi mai mic decît orice dreptunghi dat". Urmează cîteva corolare.

Lema IV. „Dacă în două figuri A*ac*E şi P*pr*T se înscriu (ca mai sus) două serii de paralelograme, şi fie acelaşi numărul ambelor, şi dacă atunci lăţimile descresc la infinit, rapoartele ultime ale paralelogramelor dintr-o figură către paralelogramele din cealaltă, ale fiecăruia către fiecare respectiv, sînt aceleaşi: zic că cele două figuri A*ac*E, P*pr*T sînt între ele tot în acel raport" (fig. 20).

Nu reproducem demonstraţia, foarte scurtă. Lema a V-a afirmă, fără demonstraţie, că toate laturile figurilor asemenea care se corespund între ele, atît curbilinii cît şi rectilinii, sînt proporţionale, şi ariile sînt proporţionale cu pătratele laturilor. Lema VI afirmă că unghiul dintre tangenta la o curbă şi o coardă care descreşte şi dispare,

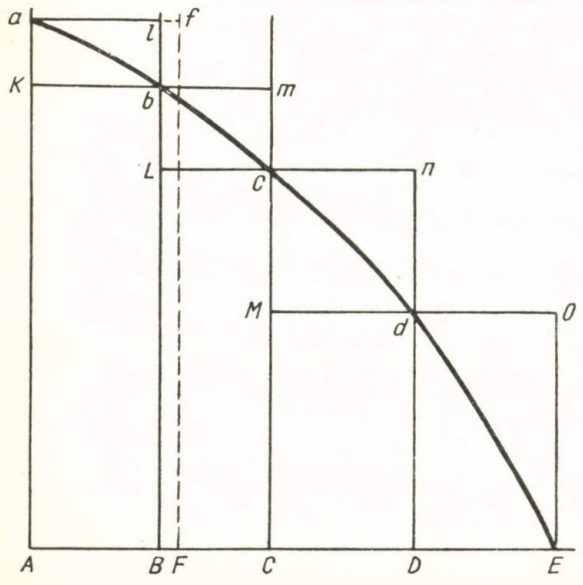
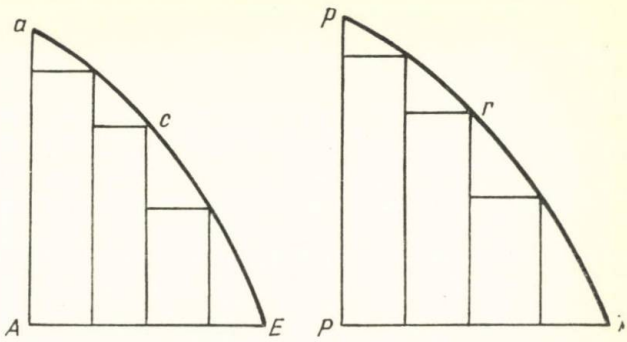


FIG. 19. FIGURĂ PENTRU LEMA II DIN *PRINCIPIILE* LUI NEWTON

FIG. 20. FIGURĂ PENTRU LEMA IV DIN *PRINCIPII*



descreşte şi dispare şi el. „În caz contrar, linia nu ar avea în punctul considerat o curbură continuă".

Lema VII. „În aceleaşi condiţii: zic, că ultimul raport reciproc al arcului, coardei şi tangentei este un raport de egalitate.

Căci în timp ce B se apropie de punctul A, să ne închipuim totdeauna AB şi AD prelungite pînă la punctele îndepărtate *b* şi *d*, şi să ducem *bd* paralelă cu secanta BD. Şi fie arcul A*cb* totdeauna asemenea cu arcul ACB. Şi cînd punctele A,B coincid, unghiul *dAb*, din cauza lemei de mai sus, dispare; astfel că dreptele totdeauna finite A*b*, A*d* şi arcul intermediar A*cb* coincid, şi de aceea vor fi egale. De unde şi dreptele AB, AD totdeauna proporţionale cu acestea şi arcul intermediar ACB dispare, şi vor avea în cele din urmă raportul egalităţii[6]".

Cele cîteva exemple de mai sus ilustrează metoda „primelor şi ultimelor rapoarte", pe care Newton o aşază la începutul *Principiilor* sale pentru a evita metoda riguroasă, dar greoaie, a anticilor. Totodată el nu foloseşte in-

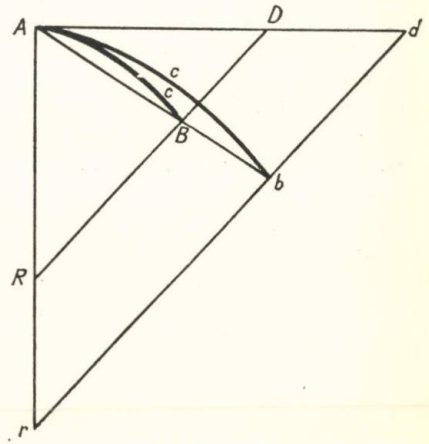


FIG. 21. FIGURĂ PENTRU LEMA VII DIN *PRINCIPII*

[6] ISAAC NEWTON, *op. cit.*, pp. 49-51.

divizibilele lui Cavalieri, metodă „puţin geometrică" şi „prea greu de admis".

Vom observa totuşi că Newton rămîne fidel în *Principii*, de pildă, în determinarea atracţiei unei sfere asupra unei particule, însumării directe pentru calculul unei integrale definite. El foloseşte chiar un limbaj vecin cu cel al indivizibilelor, ceea ce se consideră îndreptăţit să facă prin lemele sale. În pofida eleganţei lor rare, aceste procedee au fost mult timp considerate drept un fel de pată în opera marelui om de ştiinţă. Cu toate acestea, Chasles, luîndu-i apărarea în lucrarea sa *Aperçu historique*, arăta, cu drept cuvînt, superioritatea în unele cazuri a metodelor geometrice directe faţă de metodele analitice. Astăzi îl putem omagia pe Newton ca pe un precursor al calculului vectorial şi al geometriei infinitezimale directe.

LEIBNIZ. Vom da cuvîntul marelui filozof şi matematician. El scrie într-o scrisoare, în limba latină, adresată lui Jacques Bernoulli (aprilie 1703):

„Cînd am venit la Paris, în 1672, eram un geometru autodidact şi nu prea experimentat, neavînd răbdarea să parcurg lunga serie a demonstraţiilor. De copil am studiat algebra elementară a unui oarecare Lanzius, apoi pe cea a lui Clavius. Cît despre algebra lui Descartes, ea mi s-a părut prea grea. Am avut sentimentul că o încredere destul de temerară pune stăpînire pe mine. Am îndrăznit să abordez cărţile mai profunde, ca *Geometria* lui Cavalieri, şi *Elementele figurilor curbilinii* ale lui Léotaud, de care am dat din întîmplare la Nürnberg. Voiam să înot singur fără să mă înveţe cineva... Am conceput atunci un calcul geometric exprimînd variabilele prin patrulatere şi cuburi, fără să ştiu că Viète şi Descartes au tratat înaintea mea această problemă mai bine. În această ignoranţă superbă a matematicii, nu mi-am fixat atenţia decît asupra istoriei şi a dreptului, destinîndu-mă în mod special studiului lor. Totuşi matematica constituia pentru mine o distracţie mai plăcută. Îmi plăcea mai ales să cercetez şi să studiez maşinile şi să le inventez. Am descoperit la această epocă o maşină aritmetică. Tocmai atunci Huygens, care presupun că mă credea mai capabil decît eram, mi-a adus un exemplar proaspăt editat al *Pendulului*. Acesta a fost pentru mine începutul sau prilejul pentru un studiu geometric mai aprofundat. În timp ce stăteam de vorbă, el mi-a atras atenţia asupra faptului că nu aveam o noţiune destul de exactă asupra centrelor de greutate. Mi-a explicat această problemă în puţine cuvinte, adăugînd că Dettonville (Pascal) o tratase foarte bine. Întrucît eram foarte docil şi adesea cîteva cuvinte ale unui om mare au constituit pentru mine un izvor de nenumărate meditaţii, au urmat imediat sfaturile marelui matematician, căci mi-a fost uşor să văd că Huygens era într-adevăr mare. Roşeam, dîndu-mi seama că nu cunosc un asemenea lucru şi, vrînd să studiez serios geometria, i-am cerut lui Buot opera lui Dettonville, cît şi pe cea a lui Grégoire de Saint-Vincent, care se găsea în Biblioteca regală. Fără a pierde o clipă, am studiat aceste lucrări, aceste fîşii de corpuri inventate de Vincent şi perfecţionate de Pascal. Cercetam cu plăcere aceste sume şi sumele acestor sume, solidele care se năşteau din ele şi demonstraţiile respective. Toate acestea îmi dădeau mai multă plăcere decît îmi cereau muncă. Eram absorbit de ele, cînd din întîmplare am dat de o demonstraţie a lui Dettonville, foarte uşoară în felul ei... Dar cît de mare mi-a fost mirarea văzînd că Pascal avusese parcă

dinadins ochii închiși: căci am văzut în curînd că teorema putea fi aplicată în mod general tuturor curbelor, cu toate că perpendicularele nu se întîlnesc în același centru.

Am mers imediat la Huygens, pe care nu-l mai văzusem după acea întîlnire, și i-am spus că, urmîndu-i sfaturile, am reușit să cunosc ceva ce nu știa Pascal și i-am expus teorema mea generală asupra rectificării curbelor. A rămas surprins și mi-a spus că aceasta era tocmai teorema pe care se întemeiau construcțiile sale pentru găsirea ariilor conoidului parabolic, al celui eliptic și al celui hiperbolic. El a adăugat că Roberval și Boulliau nu putuseră s-o descopere. După ce m-a lăudat pentru progresele făcute... mi-a recomandat să-i consult pe Descartes și pe Sluse, care învață cum se alcătuiesc ecuațiile locale, ceea ce, a adăugat el, este foarte comod. Am cercetat deci *Geometria* lui Descartes. Apoi am citit și cartea lui Sluse, inițiindu-mă în geometrie prin poarta de ieșire. Încurajat de succes și de marea cantitate de cunoștințe care se deschideau în fața ochilor mei, am umplut în același an cîteva sute de pagini și mi-am împărțit munca în două părți: probleme *determinabile* și *nedeterminabile*. În cele determinabile am inclus tot ce am extras din sursele pe baza cărora Cavalieri, Guldin, Torricelli, Grégoire de Saint-Vincent, Pascal și-au dedus sumele sumelor, transpozițiile..., trunchiurile de cilindri... În cele nedeterminabile am inclus ceea ce am obținut prin folosirea triunghiului pe care l-am numit atunci *caracteristic*. Am dedus din el alte lucruri asemănătoare. Cred că Huygens și Wallis au avut cei dintîi o primă idee despre aceasta. Ceva mai tîrziu mi-a căzut în mînă *Geometria* lui James Gregory. Am constatat că folosește aceleași procedee (deși întunecate din pricina demonstrațiilor după metoda antică.) În sfîrșit, l-am citit pe Barrow și am găsit în opera sa o trecere în revistă a celei mai mari părți a teoremelor mele. Nu am fost prea emoționat, deoarece am văzut că era un joc, chiar pentru un novice, o dată inițiat în aceste noțiuni. Și apoi vedeam bine că există lucruri și mai înalte dar că pentru a le explica este nevoie de o nouă metodă de calcul. Atunci mi-am întocmit cvadratura aritmetică și alte lucruri asemănătoare care au fost primite cu entuziasm de către francezi și englezi, dar n-am considerat această lucrare demnă de a fi editată. Eram sătul de aceste probleme mărunte cînd vedeam oceanul deschizîndu-se în fața mea. Știți cum s-au petrecut lucrurile ulterior și scrisorile mele editate chiar de englezi sînt o mărturie a acestui lucru."

În măsura în care Leibniz poate să fie discipolul cuiva, este în primul rînd discipolul lui Huygens, care i-a călăuzit primii pași, iar prin lecturile sale, discipolul întregii generații care l-a precedat: al lui Cavalieri ca și al lui Grégoire de Saint-Vincent, al lui Descartes, al lui Sluse, al lui Pascal, al lui Gregory sau al lui Barrow. Singurul autor de care pare să nu depindă în această perioadă este Fermat. Dar opera lui Huygens este tot atît de impregnată de ideile lui Fermat ca și de cele ale lui Descartes sau ale lui Galilei.

Oricum ar fi, Leibniz stabilește net principiile calculului diferențial, creează o notație excelentă (Huygens avea și el una pentru infiniții mici de ordinul întîi, dar n-a publicat-o), expune algoritmul respectiv și identifică problema inversă a tangentelor cu problema integrării. În felul acesta a fost creat calculul diferențial și integral.

Concepțiile lui Leibniz sînt expuse în două memorii: *Nova methodus pro maximis et minimis itemque tangentibus, quae nec fractas nec irrationales quantitates moratur, et singulare pro illis calculi genus* („Acta eruditorum," 1684) și

De geometria recondita et analysi indivisibilium atque infinitorum („Acta eruditorum", 1686).

În primul memoriu găsim metoda pentru diferenţierea a tot felul de cantităţi raţionale, iraţionale, întregi sau fracţionare. Leibniz îşi aplică metoda la problema lui Fermat cu privire la drumul unei raze luminoase între două medii diferite şi arată că, de fapt, curba lui de Beaune se reduce la curba logaritmică. În cel de-al doilea memoriu, el expune regulile fundamentale ale calculului integral.

Prin 1675, după cum reiese din hîrtiile sale, notaţiile şi principiile sale erau precizate. Într-o scrisoare adresată abatelui Conti, el scrie:

„Eram cam nou în aceste materii, dar în curînd am găsit metoda mai generală prin serii arbitrare şi am intrat, în sfîrşit, în calculul meu al diferenţelor. Observaţiile pe care le făcusem încă de foarte tînăr asupra diferenţelor şirurilor de numere au contribuit să-mi deschidă ochii. Căci nu prin fluxiunile liniilor, ci prin diferenţele numerelor am ajuns la aceasta, considerînd că diferenţele aplicate mărimilor care cresc continuu descresc şi dispar în comparaţie cu mărimile diferite în loc să subsiste în numere (deoarece ele cresc sau descresc în salturi), şi cred că această cale este cea mai analitică, calculul geometric al diferenţelor, care este acelaşi ca şi calculul fluxiunilor, nefiind decît un caz special al calculului analitic al diferenţelor în general şi acest caz special devine mai uşor prin anihilare".

Pentru metoda lui Leibniz este poate mai caracteristică o scrisoare adresată lui Jean Bernoulli. Acesta i-a scris că a descoperit o serie care în fond este o altă formă a seriei lui Taylor. Autorul ei, care a obţinut-o printr-o metodă vecină cu integrarea prin părţi, scrie:

$$In\ dz = nz - \frac{1}{1\cdot 2}\, zz\, \frac{dn}{dz} + \frac{1}{1\cdot 2\cdot 3} z^3\, \frac{ddn}{dz^2} - \frac{1}{1\cdot 2\cdot 3\cdot 4} z^4 \frac{dddn}{dz^3} \text{ etc.}$$

La 6 (16) decembrie 1694, Leibniz îi răspunde că la Paris a meditat la lucrările lui Dettonville.

Fie o serie descrescătoare: a, b, c, d etc.
diferenţele de ordinul întîi: e, f, g, h etc.
diferenţele de ordinul al doilea: l, m, n, o etc.
diferenţele de ordinul al treilea p, q, r, s etc.
diferenţele de ordinul al patrulea: t, u, φ, x etc.
diferenţele de ordinul al cincilea: $\beta, \gamma, \delta, \theta$ etc.
$a = e + f + g + h$ etc. $= 1\,l + 2\,m + 3\,n + 4\,o$ etc.
$= 1\,p + 3\,q + 6\,r + 10\,s$ etc. $= 1\,t + 4\,u + 10\,\varphi + 20\,x$ etc.

Pe de altă parte, $e = e; f = 1e - 1l; g = 1e - 2l + 1p; h = 1e - 3l + 3p - 1t$ etc.

Introducînd aceste valori în $a = e + f + g + h$ etc., avem:

$$\begin{aligned} a = {} & 1e \\ & 1e - 1 \\ & 1e - 2l + 1p \\ & 1e - 3l + 3p - 1t \\ & 1e - 4l + 6p - 4t + 1\beta \\ & \qquad \text{etc.} \end{aligned}$$

Dar în calculul diferenţial, vom pune pentru a, y iar pentru e, l, p, t, ß, vom pune dy, ddy, d^3y, d^4y, d^5y etc.

Pentru unitate, vom pune dx, aşa încît $1 + 1 + 1 + 1 \ldots = x$; $1 + 2 + 3 + \ldots = \int x$; $1 + 3 + 6 + 10 \ldots = \iint x$ etc.

Vom avea: $y = dy \cdot x - ddy \int x + d^3y \iint x - d^4y \iiint x$ etc.

Dar $\int x = \frac{1}{1 \cdot 2} xx$; $\int^2 x = \frac{1}{1 \cdot 2 \cdot 3} x^3$; $\int^3 x = \frac{1}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4} x^4$ etc, de unde restabilind omogenitatea:

$$y = \frac{1}{1} x \frac{dy}{dx} - \frac{1}{1 \cdot 2} x x \frac{ddy}{dx^2} + \frac{1}{1 \cdot 2 \cdot 3} x^3 \frac{d^3y}{dx^3} \text{ etc}".$$

Pentru a preciza aspectul aproape definitiv al concepţiilor lui Leibniz în domeniul calculului diferenţial, vom cita cîteva pasaje din *Analiza infiniţilor mici* a marchizului de L'Hôpital. Lucrarea, publicată în 1696, este foarte clară şi expune principiile acestui calcul după Jean Bernoulli, care i le-a explicat lui L'Hôpital în 1691.

„*Definiţia I.* Se numesc cantităţi *variabile* cele care se măresc sau se micşorează continuu; şi, dimpotrivă, cantităţi *constante*, cele care rămîn aceleaşi, în timp ce altele se schimbă. Astfel, într-o parabolă aplicatele (ordonatele) şi tăieturile (abscisele) sînt cantităţi variabile, în timp ce parametrul este o cantitate constantă.

Definiţia II. Porţiunea infinit mică cu care o cantitate variabilă se măreşte sau se micşorează continuu se numeşte *diferenţa* ei.

Fie, de exemplu, o linie curbă oarecare AMB, care are drept axă sau diametru linia AP şi drept una din aplicatele sale dreapta PM şi fie o altă aplicată pm, infinit apropiată de prima. Dacă ducem MR paralel cu AP, coardele AM, Am şi dacă descriem din centrul A al intervalului AM micul arc de cerc MS, Pp va fi diferenţa lui AP, Rm diferenţa lui PM, Sm diferenţa lui AM şi Mm diferenţa arcului AM. La fel, micul triunghi MAm care are drept bază arcul Mm, va fi diferenţa segmentului AM, iar micul spaţiu MPpm va fi diferenţa spaţiului cuprins între dreptele AP, PM şi arcul AM (fig. 22.)

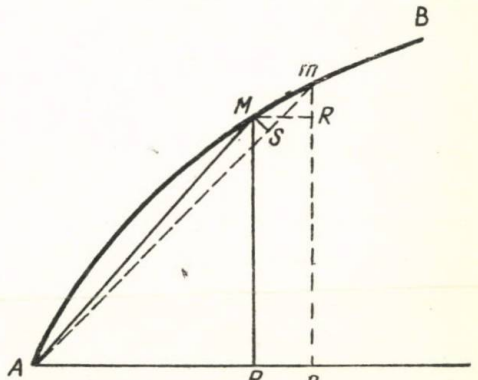


FIG. 22. FIGURĂ PENTRU DEFINIŢIA II DIN *ANALIZA INFINIŢILOR MICI*

Corolar I. Este evident că diferenţa unei cantităţi constante este nulă sau egală cu 0 sau (ceea ce este acelaşi lucru) că mărimile constante nu au diferenţe.

Avertisment. În cele ce urmează va fi folosită nota sau caracteristica d pentru a indica diferenţa unei cantităţi variabile, exprimată cu ajutorul unei singure litere. Pentru a evita orice confuzie, această notă d nu va avea altă întrebuinţare în acest calcul. Dacă vom numi, de exemplu, variabilele AP,x; PM,y; AM,z; arcul AM,u, spaţiul mixtiliniu AMP,s, iar segmentul AM, t, atunci dx va exprima valoarea lui Pp, dy, valoarea lui Rm, dz valoarea lui Sm, du valoarea micului arc Mm, ds, valoarea micului spaţiu MPpm şi dt valoarea micului triunghi mixtiliniu MAm.

I. *Postulare sau presupunere.* Putem lua una în locul alteia două cantităţi, care diferă între ele cu o cantitate infinit mică; sau (ceea ce este acela şi lucru), o cantitate mărită sau micşorată cu o altă cantitate infinit mai mică decît ea, poate fi considerată ca rămînînd aceeaşi. De pildă, putem lua Ap în loc de AP, pm în loc de PM, spaţiul Apm în locul spaţiului APM, micul spaţiu MPpm pentru micul dreptunghi PMpR, micul sector AMm în locul micului triunghi AMS, unghiul pAm în locul unghiului PAM etc.

II. *Postulare sau presupunere.* O linie curbă poate fi considerată ca o alăturare a unei infinităţi de linii drepte, fiecare dintre ele infinit mică; sau (ceea ce este acelaşi lucru) ca un poligon cu un număr infinit de laturi, fiecare dintre ele infinit mică şi care determină, prin unghiurile pe care le fac între ele, curbura liniei. De pildă, porţiunea de curbă Mm şi arcul de cerc MS pot fi considerate ca linii drepte, întrucît sînt mărimi infinit mici, în aşa fel că micul triunghi mSM poate fi considerat drept rectiliniu."

Constatăm, în primul rînd, desigur cu surprindere, caracterul concret, geometric, al acestei prime concepţii a calculului diferenţial. Leibniz nu a ajuns încă la noţiunea abstractă de funcţie. El va ajunge la ea ceva mai tîrziu, împreună cu Jean Bernoulli, şi acesta este, fără îndoială, unul dintre cele mai mari titluri de glorie ale lor, deşi se manifestă prea des tendinţa de a se uita acest lucru.

Se va observa apoi cu cîtă dezinvoltură sînt expuse postulările. Generaţia precedentă precizase şi stabilise toate acestea într-un mod de foarte multe ori valabil, dar ea ezita în faţa unei afirmaţii generale. Pentru Leibniz ne aflăm în faţa unor fapte suficient de trainic achiziţionate pentru a le lua drept puncte de plecare, fără ca să-l preocupe justificarea lor, care se va face aposteriori, prin succesul însuşi al metodei.

Leibniz stabileşte mai întîi diferenţa sumelor, produselor, cîturilor. Pentru produse scriem: $(x + \mathrm{d}x)(y + \mathrm{d}y) - xy = y\mathrm{d}x + x\mathrm{d}y + \mathrm{d}x\mathrm{d}y$, apoi nu păstrăm decît primii doi termeni, „deoarece, scrie L'Hôpital, dx dy este o cantitate infinit mică în raport cu ceilalţi termeni".

Pentru a diferenţia cîtul $x : y = z$, se pune $x = yz$, de unde $\mathrm{d}x = z\mathrm{d}y + y\mathrm{d}z$; $\mathrm{d}z = \frac{\mathrm{d}x - z\mathrm{d}y}{y} = \frac{y\mathrm{d}x - x\mathrm{d}y}{y^2}$. În acelaşi fel sînt diferenţiate puterile x^m pentru m arbitrar.

Algoritmul calculului diferenţial se opreşte aici. Atîta este suficient pentru a duce tangentele la curbe, pentru a găsi valorile maxime şi minime,

punctele de inflexiune şi de întoarcere, desfăşuratele, causticele prin reflexie şi prin refracţie, înfăşurătoarele.

Să semnalăm doar definiţia diferenţelor de ordine superioare:

„Porţiunea infinit mică cu care diferenţa unei cantităţi variabile se măreşte sau se micşorează continuu se numeşte *diferenţa diferenţei* acestei cantităţi, sau *a doua diferenţă a ei*". Ea se notează ddx; diferenţa a treia va fi $dddx$ sau d^3x etc.

Chiar de la începutul cercetărilor sale, Leibniz a identificat problema inversă a tangentelor cu cea a cvadraturii sau a integrării. Concepţia sa asupra calculului diferenţial l-a condus direct la aceasta. Problema tangentelor l-a condus la observarea „triunghiului caracteristic", avînd drept laturi cele trei diferenţe: diferenţa dx a abscisei; diferenţa dy a ordonatei, diferenţa ds a arcului. Problema inversă consta deci în a trece de la diferenţe la funcţiile înseşi. Dar operaţia inversă în raport cu căutarea diferenţelor este căutarea sumelor.

El scrie de exemplu:

„Această metodă, sau acest *calculus differentialis*, serveşte nu numai pentru diferenţe, ci şi pentru sumele care sînt reciprocele acestor diferenţe, cam în acelaşi fel în care calculul obişnuit serveşte nu numai pentru puteri, ci şi pentru rădăcinile care sînt reciprocele puterilor. "

L'Hôpital scrie în acelaşi spirit:

„*Lemă.* — Dacă există un număr oarecare de cantităţi a, b, c, d, e etc., fie că acest număr este finit sau infinit, fie că aceste cantităţi sînt linii sau suprafeţe sau solide, suma $a - b + b - c + c - d + d - e$ etc. a tuturor diferenţelor lor, este egală cu cea mai mare, a, mai puţin cea mai mică, e, sau pur şi simplu cu cea mai mare, atunci cînd cea mai mică este zero. Acest lucru este evident (*Analyse des infiniments petits*, art. 96)".

Dar *însumarea*, *calculul sumator*, este metdoa indivizibilelor folosită de generaţiile precedente, este calculul suprafeţelor şi volumelor. Evoluţia ideilor este însă net marcată atunci cînd Jacques Bernoulli preferă în 1690 expresia „calcul integral" pentru a indica faptul că în acest calcul se caută totul, pornindu-se de la diferenţă, de la parte. În felul acesta problema inversă a tangentelor prevalează asupra problemei cvadraturilor. De altfel, pentru Leibniz diferenţierea apare ca operaţia primordială, cea mai simplă, totdeauna posibilă, în timp ce integrarea nu poate avea loc totdeauna:

„... După cum nu este totdeauna posibil să extragem rădăcinile efectiv pentru a ajunge la mărimile raţionale ale aritmeticii comune, la fel nu este totdeauna posibil să obţinem sume sau cvadraturi pentru a ajunge la mărimile obişnuite sau algebrice ale analizei comune. Totuşi, cu ajutorul seriilor infinite, putem să exprimăm totdeauna mărimi rupte prin întregi, cele incomensurabile prin cele raţionale şi cele transcendente prin cele obişnuite."

Metoda integrării nu mai este însumarea directă, ci o metodă „sinoptică", după o expresie a lui G. Bouligand. Dintr-un tabel al diferenţialelor, cal-

culate direct, deducem prin lectură directă un tabel al integralelor. Transformări algebrice inspirate din metodele diofantiene permit, în cazurile favorabile, să reducem calculul integralelor propuse la lectura acestui tabel. Cînd tatonările pe baza acestei metode nu reușesc, se dezvoltă funcția propusă într-o serie întreagă pe care tabelul ne permite n-o integrăm termen cu termen. În felul acesta, în cursul secolului al XVIII-lea, însumarea directă va trece din ce în ce mai mult pe planul al doilea, integrala matematicii din această epocă fiind mai exact funcția noastră primitivă.

În mod destul de paradoxal, notația lui Leibniz $\int f(x)dx$, se va menține, cu toate că ea amintește atît de evident însumarea directă a unei infinități de infiniți mici.

Pentru a caracteriza într-un cuvînt școala lui Leibniz, vom spune că matematicienii care fac parte din ea mînuiesc cu dexteritate un algoritm foarte sugestiv și se lasă antrenați de analogiile și intuițiile pe care le-a sugerat acest algoritm. Metoda se va dovedi foarte fecundă, dar fundamentele ei vor reclama o serioasă revizuire. Școala a fost formată, în primul rînd, de fondatorul ei Leibniz, de Jacques și Jean Bernoulli, de L'Hôpital. Spiritul de prozelitism al lui Leibniz, folosirea revistei sale „Acta eruditorum", fecunditatea fraților Bernoulli, eleganta proză a lui L'Hôpital vor asigura acestei școli o mare influență asupra gîndirii matematice.

În concluzie, Newton și Leibniz sînt coautorii analizei infinitezimale moderne. Ei se inspiră amîndoi direct din cuceririle generației precedente, dar preocuparea pentru rigoare este mai mare la Newton. Leibniz creează notația diferențială dx, ddx, d^3x etc., mai sugestivă în unele privințe și care va fi preferată în cursul secolului al XVIII-lea. Totuși notația lui Newton, în care fluxiunea joacă rolul esențial, este mai aproape de notațiile învățămîntului nostru modern.

Leibniz dă pentru integrală excelenta notație $\int f(x)dx$ care amintește de calcul direct prin însumare a anticilor și de metoda ndivizibilelor. Totuși, după cum o reamintește însuși cuvîntul „integrală", este vorba, în esență, de ceea ce numim o primitivă, despre funcția care trebuie determinată atunci cînd cunoaștem diferențiala, exact la fel cum la Newton $[x]$ este fluenta care are drept fluxiune $\dot{x}$.

Cele două metode se desprind din ce în ce de geometrie și vor duce, după scurt timp, la analiza abstractă din secolul al XVIII-lea, care, pînă la școala lui Monge, va domina pe continent.

În primul său aspect, calculul lui Leibniz, ca și cel al lui Newton, are o alură net geometrică, de care nu se va elibera decît încetul cu încetul. În sfîrșit, cei doi descoperitori folosesc sistematic seriile în integrările lor.

Newton va folosi metodele sale atît sub aspectul lor analitic, cît și sub aspectul lor geometric la rezolvarea problemelor fizico-matematice și astronomice. Leibniz și Bernoulli vor da o mare extensie problemei inverse a tangentelor și vor deduce din ea rezolvarea ecuațiilor diferențiale.

Urmărirea studiilor noastre ne-ar duce însă la abordarea unei epoci noi, secolul al XVIII-lea, pe care cei doi mari rivali îl inaugurează, încheind în acelaşi timp, printr-o apoteoză, istoria matematicii dintr-un secol care merită în acest domeniu, ca şi în multe altele, calificativul de „mare"[7].

[7] Aşa-numitele teoreme de tip L'Hôpital au căpătat, în analiza modernă, forme dintre cele mai rafinate (a se vedea de exemplu vol. 2 din tratatul *Analiză matematică* al acad. Miron Nicolescu, Ed. Tehnică, 1958, şi vol. 1 al lucrării *Analiză matematică* de acad. Miron Nicolescu, N. Dinculeanu şi S. Marcus, Editura Didactică şi Pedagogică, 1966). S-a putut da o teoremă care sintetizează toate teoremele de tip L'Hôpital. În ceea ce priveşte cele două puncte de vedere din calculul diferenţial şi integral, cel datorit lui Newton şi cel datorit lui Leibniz, fiecare din ele şi-a căpătat, ulterior, propria sa istorie. Punctul de vedere al lui Newton a dat naştere conceptului de primitivă şi de definire a integralei cu ajutorul primitivei, în timp ce punctul de vedere al lui Leibniz a generat diferite definiţii ale integrabilităţii şi integralei pe baza considerării anumitor tipuri de sume. Pentru funcţii continue, cele două puncte de vedere s-au dovedit echivalente, în sensul că o funcţie continuă este integrabilă atît după Newton cît şi după Leibniz, iar cele două integrale sînt egale. — *M.S.*

CAPITOLUL II
Naşterea unei ştiinţe noi—mecanica

În zorii secolului al XVII-lea, mecanica determină cercetări care vor duce la constituirea ei, în cursul următoarelor două secole, într-o ştiinţă autentică, tip de elaborare raţională a fenomenelor particulare, model a cărui utilizare va fi încercată şi pentru alte serii de fenomene. Această ştiinţă „nouă" vede lumina zilei o dată cu Galilei şi comportă, în esenţă, împreună cu legile căderii corpurilor grele, rezolvarea problemei mişcării unui proiectil în lipsa oricărei rezistenţe a mediului. Problema şi rezolvarea ei au o importanţă fundamentală pentru descoperirea unei metodologii cu adevărat ştiinţifice, dar „noua" ştiinţă de-abia ieşită din găoacea scolastică era încă destul de fragilă: trebuiau precizate axiomele, conceptele, principiile ei, formulate legile ei generale; era necesară aplicarea ei la sistemele de puncte şi la corpurile solide, extinderea ei la mişcarea corpurilor cereşti şi crearea, în conexiune cu hidrodinamica, a unei mecanici a mediilor continue. Aceasta avea să fie sarcina secolelor XVII şi XVIII, sarcină imensă, pe care nu o putem contura aici decît în linii mari[1].

A. GALILEI ŞI INFLUENŢA SA

Primul obiectiv al studiului nostru va fi să punem în evidenţă elementele principale ale operei lui Galilei în domeniul mecanicii.

Analiza efectuată de A. Koyré a unui tratat *De motu libri X*, scris de F. Bonamico, profesor de filozofie la Pisa, în perioada cînd Galilei şi-a făcut acolo studiile, ne permite să înţelegem climatul puternic impregnat de scolastică în care acesta a luat contact cu ştiinţa. Primele sale opere, şi în special un tratat intitulat *De motu*, scris la Pisa între 1589 şi 1591, poartă urmele indiscutabile ale acestui spirit. Invocînd analogia cu fierul îndepărtat de foc, care revine treptat la răceala sa naturală, cu *qualitas sonora* dobîndită de un clopot lovit şi care se stinge după un timp ca fiind contrară tăcerii

[1] René Dugas, autorul capitolelor referitoare la mecanica secolelor XVII şi XVIII, a decedat înainte de a fi pus definitiv la punct textul său. Această sarcină şi-a asumat-o P. Costabel, care a revizuit-o, de asemenea, cu prilejul pregătirii celei de-a doua ediţii.—*N.A.*

naturale a clopotului, Galilei consideră mișcarea ca o virtute imprimată care slăbește treptat în proiectilul separat de motor. Este suficient să spunem că, la origine, el adoptă lumea calităților și a analogiilor fragile ale fizicii peripatetice. Departe de a-i micșora meritul, faptul acesta, dimpotrivă, îl face și mai mare. Pentru a-și revizui concepțiile și a-și constitui, făcînd față dificultăților și paradoxelor, un nou punct de vedere, Galilei nu a trebuit numai să urmeze inspirațiile geniului său, dar a avut de luptat îșI împotriva formației pe care a primit-o.

Dialogo di Galileo Galilei sopra i due massimi sistemi del mondo Tolemaico e Copernicano[2], publicat la Florența în 1632, marchează încheierea drumului intelectual parcurs de Galilei. Scris în limba vorbită, pentru a fi înțeles de un public cît mai larg, sub forma agreabilă a unei discuții între trei persoane devenite clasice — Simplicio, care apără tradițiile, Salviati, reformatorul caustic și Sagredo, omul cultivat și plin de un bun-simț moderator —, această lucrare își propune, fără îndoială, să-l conducă pe cititor pe aceleași cărări pe care le-a parcurs autorul, spre a-l convinge mai bine. Ea nu permite însă măsurarea tuturor meandrelor unei gîndiri care caută adevărul, ceea ce nu poate fi decît rezultatul unui lung studiu și al unor resurse de cultură foarte vaste.

CĂDEREA CORPURILOR GRELE. Prin gura lui Simplicio, scolasticii afirmă: „După cum o știe toată lumea, cauza mișcării descendente a părților Pămîntului este greutatea". Salviati răspunde:

„Te înșeli Simplicio; ar trebui să spui că oricine știe că această cauză se numește greutate. Dar eu nu te întreb care este numele, ci care este esența [cauza] acestui lucru. Cu excepția numelui care i-a fost dat și care a devenit familiar datorită utilizării frecvente, noi nu înțelegem nimic din esența acestui lucru, așa cum nu știm nimic despre virtutea care face să cadă o piatră, sau despre cea care face să avanseze o piatră aruncată în sus, și nici despre cea care mișcă Luna pe orbita ei...".

Bănuiește oare Galilei în acest text, cu tonalitate profetică, că fenomene cu aspecte atît de diferite sînt pricinuite de aceeași structură, problemă care va constitui fondul cercetării lui Newton? Un lucru este sigur: că el a înțeles neajunsurile unei metode care are la bază nomenclatura și că a găsit mijlocul pentru a pune în evidență contradicțiile ei.

Într-adevăr, Simplicio admite, ca toată lumea la sfîrșitul secolului al XVI-lea, că dacă am săpa un puț de-a lungul diametrului globului terestru și am arunca în el o ghiulea, ghiuleaua ar fi împinsă spre centru de un principiu natural și intrinsec, iar o dată ajunsă în centru și-ar continua mișcarea. Salviati îi răpunde:

„Dar această mișcare dincolo de centru nu ar fi oare îndreptată în sus, adică, după spusele dumneavoastră, violentă și nenaturală? Și de care alt principiu o veți

[2] GALILEO GALILEI, *Dialog despre cele două sisteme principale ale lumii ptolemeic și copernican*, Ed. Științifică, București, 1962. — *N.R.*

face să depindă, dacă nu de acela care face să coboare ghiuleaua spre centru şi pe care l-aţi numit intrinsec şi natural?"

Galilei ştie deci că nu se poate face diferenţă între „greutate" şi „uşurinţă" că, de fapt, căderea corpurilor grele şi mişcarea ascendentă a proiectilelor lansate în sus se explică printr-o aceeaşi lege fundamentală. Oscilaţia pendulului, asupra căreia el a meditat îndelung, îi arată, de altfel, că mişcarea în sus este o replică răsturnată a mişcării în jos. În afară de aceasta, el a respins de mult teza aristotelică a imposibilităţii vidului şi a afirmat în *De motu* că tocmai în vid se pot discerne adevăratele caractere ale gravitaţiei şi ale mişcării. În sfîrşit, încă din 1604, în scrisoarea către Paolo Sarpi, el a formulat legea căderii, a cărei asimilare va necesita un întreg secol: spaţiile parcurse în intervale de timp egale sînt ca numerele fără soţ *ab unitate*. El a dedus această lege pe baza unor experienţe repetate de sute de ori, aşa cum va arăta mai tîrziu în *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nove scienze attenanti alla mecanica ed i movimenti locali*[3] (Leiden, 1638). Ar fi mai exact să spunem că rezultatele experienţelor i-au sugerat ideea, şi că el a ştiut să atribuie rezistenţei aerului abaterile constatate faţă de legea ideală, adică faţă de legea căderii „libere" în vid.

Poziţia sa în faţa problemei gravitaţiei este cu totul nouă şi întruneşte elementele unei revoluţii ştiinţifice. Încă Aristotel spusese că un corp care cade se mişcă din ce în ce mai repede, dar el s-a refugiat într-o explicaţie în acelaşi timp cauzală şi calitativă: lucrurile se petrec astfel, *pentru că* mobilul trebuie să ajungă cît mai repede în locul său natural. Galilei nu poate să se încreadă în deosebirile dintre mişcările naturale şi antinaturale şi renunţă să cunoască cauzele obscure şi inaccesibile. El vede mişcarea accelerată a corpurilor în cădere, stabileşte legea spaţiilor în funcţie de timpul scurs şi vrea să ştie *cum* poate fi dedusă această lege cantitativă în mod logic dintr-o proporţie matematică simplă. Există aici o diferenţă radicală de climat.

Galilei va cheltui însă mult timp pentru a descoperi cu exactitate această proporţionalitate matematică simplă. El o vede mai întîi între viteza şi înălţimea de cădere, ceea ce ar fi trebuit să-l conducă la o lege a spaţiilor mult diferită de cea pe care îşi propunea s-o demonstreze; şi dacă ajunge la demonstraţia căutată, o face săvîrşind mai multe erori. El are însă meritul deosebit de mare că şi-a dat seama treptat de corectările pe care trebuia să le facă şi că a reuşit să găsească singur ieşirea din aceea adevărată comedie a erorilor în care s-a angajat. Soluţia sa definitivă şi exactă — viteza creşte proporţional cu timpul — nu descoperă cauza greutăţii, dar caracterizează cantitativ, după propria lui expresie, „obiceiul" naturii, deosebit de simplu în cazul mişcării verticale a corpurilor lansate în jos sau în sus. Acest „obicei" este o acceleraţie constantă.

MIŞCAREA PROIECTILELOR. În timp ce scolasticii şi mecaniciştii din secolul al XVI-lea nu au putut trata decît cu totul imperfect mişcarea proiecti-

[3] Titlul versiunii româneşti este: *Dialoguri asupra ştiinţelor noi*, Ed. Academiei, Bucureşti, 1961. — *N.R.*

lelor, Galilei rezolvă această problemă printr-o analiză deosebit de remarcabilă, în care apare, o dată cu principiul inerției, principiul combinării mișcărilor și al independenței efectelor forțelor.

Textul fundamental în această privință este cuprins în *Discorsi*: El afirmă că dacă nu întîmpină nici o piedică — un mobil aruncat pe un plan orizontal își continuă la nesfîrșit mișcarea uniformă, dacă planul se întinde la infinit. Dacă însă planul este finit, atunci, în momentul în care îi va depăși marginea, mobilul supus greutății „va adăuga la mișcarea lui inițială uniformă și continuă o propulsie în jos", care nu este altceva decît greutatea. Se va naște de aici o *mișcare compusă* din mișcarea orizontală și mișcarea accelerată în jos.

Și Galilei demonstrează că traiectoria proiectilului este o parabolă. El menționează prin gura lui Sagredo că raționamentul presupune că cele două mișcări compuse „...amestecîndu-se, nu se deranjează, nu se perturbă și nu se împiedică". El spune, de asemenea, prin gura lui Salviati că rezistența aerului poate modifica traiectoria pentru proiectilele foarte repezi, ca de pildă cele lansate de armele de foc.

Trebuie să subliniem aici cît de strîns este legat principiul independenței reciproce a mișcărilor de dificultățile pe care le ridică sistemul lui Copernic. Dacă Pămîntul se învîrtește în jurul său, cum să explicăm faptul că proiectilele, păsările și norii „nu rămîn în urmă"? Galilei se încadrează aici cu hotărîre într-un curent de gîndire deja consistent, dar insuficient de precis. Singura explicație valabilă care poate să răstoarne obiecțiile aristotelice și să demaște iluziile așa-zisului bun-simț constă în faptul că un corp care zboară în atmosfera terestră participă la mișcarea Pămîntului, că această mișcare se află în corp, rămînînd imperceptibilă și fără efect în raport cu Pămîntul, dar fiind prezentă prin compunere cu orice mișcare a acestui corp în raport cu Pămîntul.

Dacă principiul compunerii mișcărilor în independența lor reciprocă este enunțat și conceput atît de clar, încît mai tîrziu el nu va mai comporta revizuiri fundamentale, nu același lucru se poate spune despre principiul inerției. După cum a observat just A. Koyré, Galilei nu poate să conceapă un corp fără greutate. Tocmai pentru a elimina efectul acestei greutăți, el este obligat să plaseze corpul pe un plan orizontal. Este totuși foarte remarcabil faptul că el a știut să caracterizeze, în urma meditațiilor sale și a experiențelor cu planul înclinat, starea corpului așezat pe un plan orizontal în termeni susceptibili de a duce la abstracțiile și la axiomele viitoare. Întrucît tendința spre mișcare, maximă pentru un corp greu dat care urmează verticala, descrește cu înclinația planului pe care se află el, ea este nulă pe planul orizontal, care împiedică orice apropiere de „centrul comun spre care tind lucrurile grele". Astfel, corpul așezat pe un plan orizontal „se află într-o stare de indiferență față de mișcare și față de repaus și nu manifestă în sine nici o tendință de a se mișca în vreo parte, precum și nici o rezistență față de punerea în mișcare". Această *indiferență* face ca un corp care se află în mișcare să nu aibă nici un motiv să se oprească sau să-și varieze mișcarea. Mișcarea lui va fi deci uniformă.

În definitiv, soluţia lui Galilei pentru mişcarea proiectilelor pune în evidenţă principii fundamentale şi o formulare susceptibilă de a duce la noi dezvoltări. Ea prezintă această mişcare ca una care conţine în sine, într-un fel miraculos, cele mai simple două mişcări: mişcarea uniformă şi lipsită de forţă, şi mişcarea uniform accelerată în care greutatea acţionează printr-o acceleraţie constantă. Dar tocmai pentru că Galilei a întîlnit mişcarea uniformă prin intermediul unui artificiu care elimină acţiunea greutăţii, el nu va enunţa niciodată legea inerţiei care sună: „Un punct material izolat se află în mişcare rectilinie şi uniformă".

OSCILAŢIA PENDULULUI. Tradiţia spune că Galilei a descoperit izocronismul oscilaţiilor pendulului în 1583, contemplînd lămpile suspendate în catedrala din Pisa. În *Dialogo*, el afirmă că oscilaţiile pendulului sînt aproximativ izocrone, dar pare să creadă că perioada este proporţională cu lungimea firului (timpul, spune el, fiind cu atît mai scurt, cu cît este mai mic cercul descris). Adevărata lege a proporţionalităţii pătratului perioadei cu lungimea firului nu apare decît în 1637, în corespondenţa sa, şi este reluată în *Discorsi*. În 1641, cu un an înainte de moarte, Galilei a manifestat intenţia de a folosi pendulul pentru reglarea ceasornicului.

Faptele acestea sînt deosebit de semnificative. Pe de o parte, atenţia acordată problemei măsurării timpului, care va duce la rezultate practice şi va reînsufleţi reflecţia teoretică, pe de altă parte, apariţia unui model, oscilaţia, din care vor reieşi numeroase consideraţii fecunde.

În ceea ce priveşte legătura dintre greutatea şi oscilaţia pendulului, Galilei se limitează totuşi să observe în *Discorsi* că, dacă micşorăm lungimea pendulului simplu în momentul cînd el trece prin poziţia verticală punînd un cui în calea firului, masa mobilului se va ridica totuşi la acelaşi nivel.

El consideră acest rezultat ca o ilustrare şi o consecinţă a propoziţiei „evidente" că „vitezele cîştigate de un corp greu care coboară pe plane de înclinări diferite sînt egale cînd înălţimile de la care cad, raportate la verticală, sînt egale". Huygens va relua mai tîrziu această propoziţie şi o va confirma: viteza cîştigată în cădere pe verticală sau pe un plan înclinat este în fiecare moment exact aceea care ar permite, în sens contrar şi pe orice altă traiectorie, ridicarea la nivelul punctului de plecare. Legea vitezelor în căderea liberă, proporţionalitatea vitezei cu rădăcina pătrată a înălţimii de la care cade corpul, va permite astfel studierea mişcării unui punct greu pe un profil oarecare. Trebuie să recunoaştem că Galilei a croit calea acestei descoperiri atît de importante de la sfîrşitul secolului.

REZISTENŢA MATERIALELOR ŞI HIDROSTATICA. Rezistenţa materialelor este prima dintre cele două ştiinţe noi pe care le-a creat Galilei, scriindu-şi *Discorsi*. Aportul său în această materie este totuşi mediocru, deoarece, deşi el sugerează noţiunea de tensiune internă, el simplifică mult rolul ei, aşa încît ea să nu intervină decît în relaţiile globale de statică pură. Pentru grinzile încastrate, pe care el le tratează ca fiind compuse din fibre inextensibile, încercînd să ignoreze deformarea lor sub greutatea unei sarcini, formulele

pe care le propune pentru momentul de încovoiere au doar meritul de a supraestima influența sarcinii și de a asigura în practică aplicații situate mult dedesubtul limitei reale de rupere.

Galilei are mai puțin succes în soluțiile pe care le dă pentru profilul unei grinzi care are aceeași rezistență în fiecare secțiune și pentru forma unui fir sau a unui lanț suspendat între două puncte. Aceste soluții, care fac apel la parabolă, sînt false, dar au și un merit: acela de a îndemna la reflecție asupra temelor care vor frămînta pe mecanicieni și vor stimula, la sfîrșitul secolului, igeniozitatea promotorilor calculului diferențial și integral în direcția aplicațiilor deja denumite fizico-matematice[4].

Mulțumindu-se să pornească de la date empirice, Galilei nesocotește elasticitatea și limitează analiza coeziunii corpurilor solide la contestarea existenței unui vid între părțile în contact, folosind ca argument greutatea de a separa două suprafețe lustruite care se ating.

Regăsim această rezistență la vid, foarte caracteristică concepțiilor epocii sale, în cele cîteva elemente de hidrostatică abordate de Galilei. Comentînd imposibilitatea invocată de Sagredo și binecunoscută de practicieni de a aspira apă cu o pompă la o înălțime mai mare de 18 stînjeni, Salviati vede în aceasta doar un mijloc de a măsura limita „forței vidului". Nu este un progres considerabil, dar nu trebuie să minimalizăm caracterul pozitiv al pasului făcut spre renunțarea la prejudecata atît de veche a „ororii de vid".

Vorbind despre sifon într-un *Discorso*, publicat la Florența în 1612, Galilei observă că o masă mică de apă, conținută într-un vas îngust, poate să echilibreze o masă mare, aflată într-un vas încăpător, deoarece o scădere mică a celei de a doua determină o ridicare mare a celei dintîi. Cu toate că și în această privință putem să-i găsim predecesori, și că felul în care el enunță principiul echilibrului seamănă cu cel aristotelic, rămîne totuși fapt că Galilei îl anticipează pe Pascal și că o face punînd accentul pe un raport geometric.

În concluzie, dacă domeniile menționate nu au marcat succese adevărate ale lui Galilei, el s-a manifestat totuși ca un precursor activ, abordîndu-le ca matematician și, din acest punct de vedere, influența lui a fost considerabilă.

OPERA LUI TORRICELLI. Discipol direct al lui Galilei, Torricelli publică în 1644, la Florența, un tratat asupra mișcării corpurilor grele, în care dezvoltă și sistematizează dinamica din *Discorsi*. El contribuie astfel la propagarea ideilor profesorului său, dînd dovadă în același timp de originalitate. Necunoscînd ultimele proiecte ale lui Galilei, el demonstrează propoziția cu privire la egalitatea vitezelor cîștigate de corpuri de-a lungul diverselor plane înclinate cu aceeași înălțime de cădere, sprijinindu-se pentru aceasta pe principiul care a rămas legat de numele său: două corpuri grele legate între ele nu se pot pune de la sine în mișcare fără ca centrul lor de greutate comun

[4] Aceste considerații ale lui Galilei au atras atenția asupra faptului că nu se poate construi un edificiu oricît de mare cu aceleași materiale și cu aceeași formă ca un edificiu mic; ele au aplicații imediate în biofizică și în morfologia animală. — *V.S.*

să se lase în jos. Reluat şi generalizat de Huygens, acest principiu foarte simplu şi foarte intuitiv avea să se arate deosebit de rodnic.

Numele lui Torricelli a rămas legat nu numai de experienţa barometrică care pe timpul lui Pascal va fi numită experienţă italiană, ci şi de prima lege cantitativă a scurgerii unui lichid printr-un orificiu îngust plasat la partea inferioară a unui vas, pe care el o descoperă prin analogie cu căderea corpurilor grele, imaginînd că lichidul este proiectat în sus la ieşirea sa din vas şi este capabil să atingă nivelul interior din vas. Prin aceasta el merită să fie considerat iniţiatorul primelor cercetări de hidrodinamică.

MARIN MERSENNE. Datorită părintelui Mersenne (*Les mechaniques de Galilée*, Paris, 1634), opera mecanică a lui Galilei, mai puţin compromiţătoare decît cosmologia sa, a cunoscut în Franţa, şi chiar în întreaga Europă, o răspîndire pe care celebritatea autorului nu ar fi fost suficientă pentru a i-o asigura. Se cunoaşte rolul eminent pe care l-a jucat acest călugăr franciscan ca intermediar între savanţi şi amatorii de ştiinţă, marea importanţă a vastei lui corespondenţe pentru dezvoltarea ştiinţelor.

Interesîndu-se, în primul rînd, de experienţele de orice natură Mersenne, a dat dovadă în domeniul principiilor de o mare inconstanţă. Dar datorită independenţei de spirit pe care a păstrat-o, el a putut admira mult pe Galilei şi pe Descartes, fără a deveni un adept sectar al unuia sau al celuilalt.

Avînd îndoieli asupra doctrinei galileiene cu privire la căderea corpurilor grele, întrucît nu concepea bine caracterul ei raţional, Mersenne s-a apucat cu mult zel să verifice experimental faimoasa lege. În felul acesta, oscilaţiile pendulului au fost folosite de el în modul cel mai fericit în legătură cu căderea pe un plan înclinat[5]. Tot experienţelor sale asupra duratei oscilaţiilor, Mersenne le datorează descoperirea, fără ezitare, a legii proporţionalităţii cu rădăcina pătrată a lungimii pendulului, enunţate de Galilei după un număr de tatonări.

Aici se opreşte însă contribuţia sa originală la dezvoltarea mecanicii propriu-zise. Mai puţin bine inspirat, el a refăcut fără succes experienţa relatată de Gassendi asupra rotaţiei planului de oscilaţie a pendulului. Mai exact, indus în eroare de interpretarea dată de Gassendi fenomenului mareelor, el a vrut să verifice prin observaţii ceea ce nu se putea verifica.

GASSENDI. În 1624, Gassendi a debutat în învăţămînt, dezvăluind greşelile scolasticii şi înfierînd servilitatea discipolilor faţă de cuvîntul profesorului lor. Dar în curînd prudenţa l-a făcut „să se îngrijească de securitatea sa, adaptîndu-se circumstanţelor", ceea ce nu l-a împiedicat totuşi pe acest preot eminent să facă apologia lui Epicur şi să-l urmeze pe terenul raţiunii profane.

În opoziţie formală cu lumea pe care o va imagina Descartes, spaţiul, în concepţia lui Gassendi, nu este decît o simplă capacitate de primire a lucrurilor existente. Acest cadru este în acelaşi timp, imens, imobil, necorporal

[5] După aceeaşi tradiţie, descoperirea de către Galilei a legii izocronismului s-a făcut prin compararea mişcărilor pendulului cu bătăile pulsului; amintim că Galilei a început prin a studia medicina. — *V.S.*

și necesar. Timpul în concepția lui Gassendi este, de asemenea, nelimitat, necorporal și necreat de nimeni. El s-ar scurge chiar în lipsa oricărei mișcări. În toate acestea, Gassendi de dovedește a fi un precursor al școlii de la Cambridge care, la rîndul ei, avea să-l inspire pe Newton.

Există o materie primară comună tuturor corpurilor. Această materie este divizată în atomi, care sînt plini și inpenetrabili. Forma acestor atomi este foarte diversă, de unde și diversitatea corpurilor în natură. Atomii sînt grei, adică au facultatea de a se mișca de la sine.

Mișcarea este definită de Gassendi ca o simplă trecere dintr-un loc într-altul, operație care ar fi imposibilă în lumea plină a lui Descartes. Atomii sînt prima cauză motoare. Aceasta înseamnă că materia, în concepția lui Gassendi, este înzestrată cu activitate, așa cum va fi, dar sub o altă formă, și substanța lui Leibniz.

În privința principiului însuși al greutății, Gassendi nu împărtășește punctul de vedere al lui Galilei: greutatea nu este o proprietate care aparține corpurilor înseși. Ea este creată de atracția Pămîntului. Această atracție poate fi materializată printr-un lanț de particule între un corp oarecare și Pămînt, după un model inspirat de Kepler.

Ocupîndu-se de mecanica pozitivă și vrînd să respingă obiecțiile ridicate împotriva afirmațiilor despre mișcarea Pămîntului, Gassendi organizează, în 1640, în largul mării, în dreptul Marsiliei, experiența menționată de Galilei în *Discorsi*, care constă în lansarea unei pietre din vîrful unui catarg pe o navă în mișcare. Contrar părerii peripateticilor, piatra cade la baza catargului, așa cum anunțase Galilei. Gassendi explică că piatra descrie, de fapt, o parabolă în raport cu niște axe legate de Pămînt, dar că componenta orizontală a acestei mișcări parabolice nu poate fi observată la bordul corăbiei. El pune astfel în evidență un fel de *principiu al relativității*.

Pentru Gassendi, orice mișcare este *violentă*, în sensul că necesită totdeauna un motor exterior. Căderea corpurilor grele nu face excepție în această privință. O mișcare violentă, contrar unui adagiu al Școlii, poate fi perpetuă dacă este uniformă. Aceasta ne duce la *principiul inerției*: o piatră situată în „spațiile imaginare", care se află dincolo de lumea noastră vizibilă, și prin urmare sînt sustrase acțiunii Pămîntului, va rămîne mereu în repaus; dacă o cauză oarecare ar scoate-o din repaus, piatra s-ar deplasa cu o mișcare uniformă și fără sfîrșit. Astfel, pentru Gassendi, principiul inerției presupune clar un mobil sustras oricărei acțiuni exterioare, un mobil situat într-un spațiu vid de orice cîmp de forță. Trebuie să adăugăm că Gassendi a fost un copernican; dar în cursul său ținut la Colegiul Regal (1647), el a expus, fără a se situa explicit pe o poziție, cele trei sisteme ale lumii.

B. DESCARTES

Ajungem la Descartes, a cărui operă a dominat secolul pînă la apariția *Principiilor* lui Newton, și chiar și după aceea. Vom face distincție între *mecanica lui Descartes*, respectiv problemele concrete pe care le-a studiat, și

mecanicismul cartezian, adică sistemul lumii construit de el. Această distincţie ne-o îndreptăţeşte el însuşi, prin faptul că nu şi-a editat *Tratatul asupra lumii* imediat după procesul lui Galilei şi nu o suprimă nici publicarea *Principiilor* sale (ediţia latină, 1644; ediţia franceză, 1647).

Trebuie să recunoaştem că mecanica lui Descartes a pus mai multe probleme decît a fost în stare să rezolve satisfăcător. În schimb, mecanicismul său, adică sinteza fizicii bazată exclusiv pe conceptele de întindere, de figură şi de mişcare, avea să atragă spiritele datorită simplităţii căilor sale şi apelului la sugestiile imaginaţiei vizuale, şi să condamne, prin exemplul său, calităţile oculte din care se alimenta scolastica.

DESCARTES ŞI BEECKMAN. Descartes a intrat în relaţii cu Isaac Beeckman la sfîrşitul anului 1618, pe cînd se afla în garnizoană la Breda, văzînd un anunţ care propunea oamenilor de ştiinţă o problemă de matematică. Beeckman avea să-i dea lămuriri asupra unui mare număr de probleme legate de ceea ce constituia pe atunci fizica generală. Această colaborare dintre Descartes şi Beeckman poate fi urmărită de-a lungul *Jurnalului* lui Beeckman, regăsit şi publicat de Cornelis de Waard.

Beeckman era atomist. Aceasta nu-l împiedica să populeze spaţiul cu o *materie subtilă* a cărei scurgere explica în ochii săi căderea corpurilor, acţiunea magnetului şi unele aspecte ale vidului.

Beeckman susţinea principiul conservării mişcării: orice lucru, o dată pus în mişcare, nu tinde niciodată spre repaus, dacă nu apare o piedică exterioară. Conservarea mişcării în vid se aplică în egală măsură mişcării rectilinii şi mişcării circulare. Beeckman citează drept exemplu mişcarea diurnă şi anuală a Pămîntului. Aceasta ne arată că Beeckman era categoric copernican.

Beeckman afirma şi căuta să verifice experimental existenţa unei viteze limită pentru corpurile care cad în aer. El considera că lumina are o natură corpusculară şi că viteza ei de propagare este finită.

Beeckman se ocupa, de asemenea, de ciocnirea corpurilor. Regulile pe care le enunţa în această privinţă se află în strînsă corespondenţă cu cele pe care Descartes le va propune mai tîrziu. Spre deosebire de regulile lui Descartes, cele ale lui Beeckman sînt în cea mai mare parte exacte, dar ele nu se referă decît la corpurile lipsite de elasticitate.

Beeckman şi Descartes studiază împreună căderea corpurilor şi ajung astfel înaintea lui Galilei la o lege exactă. Lucru ciudat, Descartes va uita acest rezultat, ceea ce îl va face mai tîrziu să bîjbîie, ocupîndu-se de această problemă. În general, Descartes se va face că a uitat de lecţiile lui Beeckman şi va căuta să prezinte propriul său sistem drept rodul reflecţiilor sale personale. El va trăi practic singur extraordinara sa aventură intelectuală şi va merge pînă la a dispreţui adevărurile enunţate de contemporanii săi şi pe care ar fi făcut mai bine să le studieze.

MECANICA CARTEZIANĂ. În 1634, Descartes ia cunoştinţă de *Dialogul despre cele două sisteme principale ale lumii*, scris de Galilei. El îl devoră în treizeci de ore şi nu pregetă să-l critice, în special în ceea ce priveşte explicarea ma-

reelor. Recunoaște însă că Galilei „filozofează destul de bine despre mișcare", cu atît mai mult cu cît el se depărtează de opiniile general acceptate. Aparenta dezordine din *Dialogo* nu putea decît să supere prin forma sa spiritul metodic al lui Descartes.

În domeniul staticii, Descartes își folosește întreaga autoritate pentru a substitui — așa cum făcuse deja Stevin — ceea ce se numește astăzi punctul de vedere al *lucrului virtual* celui al *vitezei virtuale*, care era punctul de vedere al tradiției scolastice.

„Inventarea tuturor mecanismelor (care ne permit să ridicăm cu o forță mică o greutate mare) se întemeiază, scrie Descartes la 5 octombrie 1637 lui Constantin Huygens, pe un singur principiu, și anume că aceeași forță care poate ridica o greutate, de pildă, de 100 de livre la o înălțime de 2 picioare, poate de asemenea ridica o greutate de 200 de livre la înălțimea de un picior sau una de 400 de livre la o jumătate de picior și așa mai departe.

Acest principiu nu se poate să nu fie acceptat, dacă ținem seama că efectul trebuie să fie totdeauna proporționoal cu acțiunea necesară pentru a-l produce..."

Această forță, precizează el, „are totdeauna două dimensiuni", adică este produsul dintre o greutate și o înălțime.

Pe de altă parte, Descartes a fost primul care a subliniat *caracterul diferențial* al acestui principiu fundamental al staticii. Într-adevăr, el scrie, referindu-se la greutate:

„Greutatea relativă a fiecărui corp trebuie să fie măsurată prin *începutul* mișcării pe care trebuie s-o facă puterea care-l susține atît pentru a-l ridica, cît și pentru a-l urma, dacă el ar coborî. Observați că eu spun *începe să coboare* și nu pur și simplu *coboară*, deoarece trebuie să fim atenți la începutul coborîrii".

Forța statică, în accepția lui Descartes, se exprima deci prin produsul dintre o greutate și o înălțime, în timp ce *momentul*, în accepția lui Galilei, se exprima prin produsul dintre o greutate și o viteză. Astfel, în ochii lui Descartes, Galilei explica foarte bine *quod ita fit*, cînd e vorba de cîntar și de pîrghie, dar nu și *cur ita fit* (Scrisoarea către Mersenne din 15 noiembrie 1638).

Citind lucrarea lui Galilei, *Discorsi*, imediat după apariția ei, Descartes scrie o critică severă la adresa ei, pe care o încredințează lui Mersenne, cerîndu-i să păstreze secretul (11 octombrie 1638). Trebuie să înțelegem că, la această epocă, Descartes este deja pe de-a-ntregul *angajat* și judecă totul potrivit principiilor sale. Adevărurile științei pozitive nu-l mai interesează decît în măsura în care ele se pot încadra în imaginea mecanicistă pe care el și-a făurit-o despre lume.

Astfel, Descartes respinge, succesiv, toate ipotezele pe care se sprijină teoria galileiană a căderii corpurilor:

„Tot ce spune Galilei despre viteza corpurilor care coboară în vid etc. este construit fără temelie; căci el ar fi trebuit să determine mai înainte ce este greutatea; dacă ar cunoaște adevărul asupra ei, ar ști că ea este nulă în vid" (*sic*)[6].

[6] Se știe că pentru Descartes nu există vid, iar greutatea rezultă din acțiunea pe care materia subtilă care umple tot spațiul o exercită asupra corpurilor. —*N.A.*

Descartes a recunoscut totuşi meritele lui Galilei, care „a filozofat mult mai bine decît omul din vulg", „a examinat materiile fizice pe baza raţiunilor matematice", ceea ce este singurul mijloc de a ajunge la adevăr şi „a părăsit în măsura posibilului, erorile Şcolii".

Descartes îi reproşează cu multă dreptate lui Galilei că oferă artileriştilor tabele de tir, după ce a exclus orice rezistenţă a aerului, pentru a ajunge la parabola proiectilelor.

În ceea ce îl priveşte, el nu neglijează nici o informaţie experimentală, în special cele referitoare la ciocnirea corpurilor. Problema icocnirilor era, evident, de cea mai mare importanţă pentru fizica sa care nu recunoştea decît acţiunea prin contact, dar neputînd să-i depăşească dificultăţile, el va enunţa mai tîrziu, în *Principiile* lui, o serie de reguli apriorice referitoare la şocuri, pe care Huygens va trebui să se ostenească să le corecteze.

În *Dioptrica* (1637), Descartes ia poziţie în problema dificilă a compunerii mişcărilor, dar el nu o va trata niciodată în scrieri publicate, lăsînd lui Marcus Marci de Kronland (*De proportione motus*, Praga, 1639) şi lui Gilles Personne de Roberval (Lecţii la Colegiul Regal, 1839) meritul de a publica elaborări analitice noi în această problemă-cheie, în care Galilei exprimase opinii ambigue.

Numai corespondenţa lui Descartes (controversa cu Hobbes din 1641, prin intermediul lui Mersenne) ne relevă cît de mult a reflectat el însuşi asupra structurii logice a compunerii mişcărilor pentru a reuşi să pună în evidenţă elementele constitutive ale mişcării: un element cantitativ legat de mărimea vitezei şi un element geometric (direcţia şi sensul).

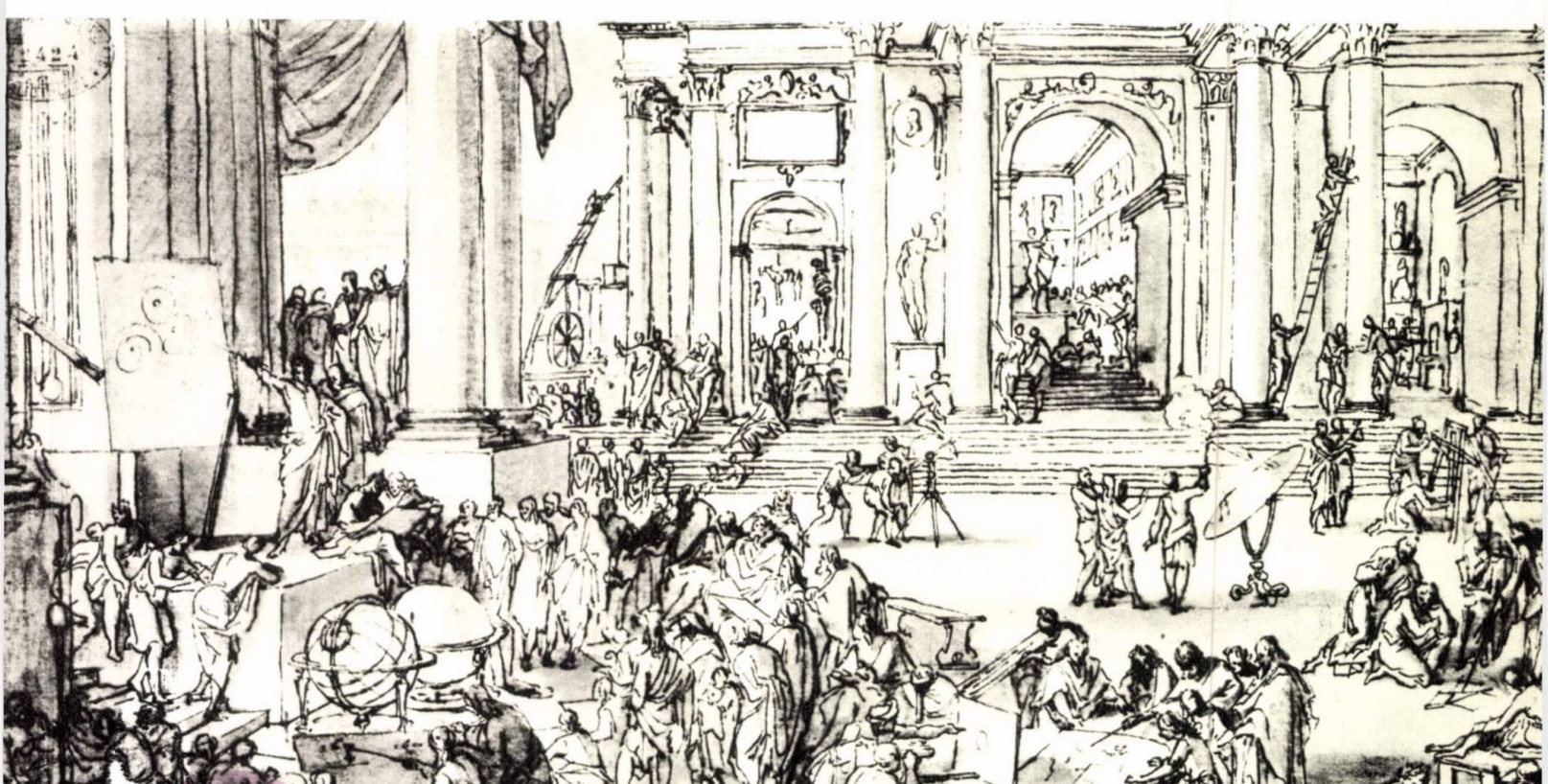
Tot corespondenţa lui ne relevă condamnarea de către Descartes a acelui tip de atracţie universală de care vorbea Roberval în 1644, în *Aristarh*, comentînd cele trei ipoteze clasice ale astronomiei.

„Pentru a concepe o asemenea atracţie, ar trebui nu numai să presupunem că fiecare parte a universului este animată, şi chiar animată de multe şi diverse suflete care nu se deranjează reciproc, ci şi că aceste suflete sînt inteligente şi sînt toate divine, ca să poată cunoaşte ceea ce se petrece în locuri foarte depărtate de ele, fără nici un mesajer care să le înştiinţeze şi să-şi exercite puterea în aceste locuri" (Scrisoare către Mersenne, 20 aprilie 1646).

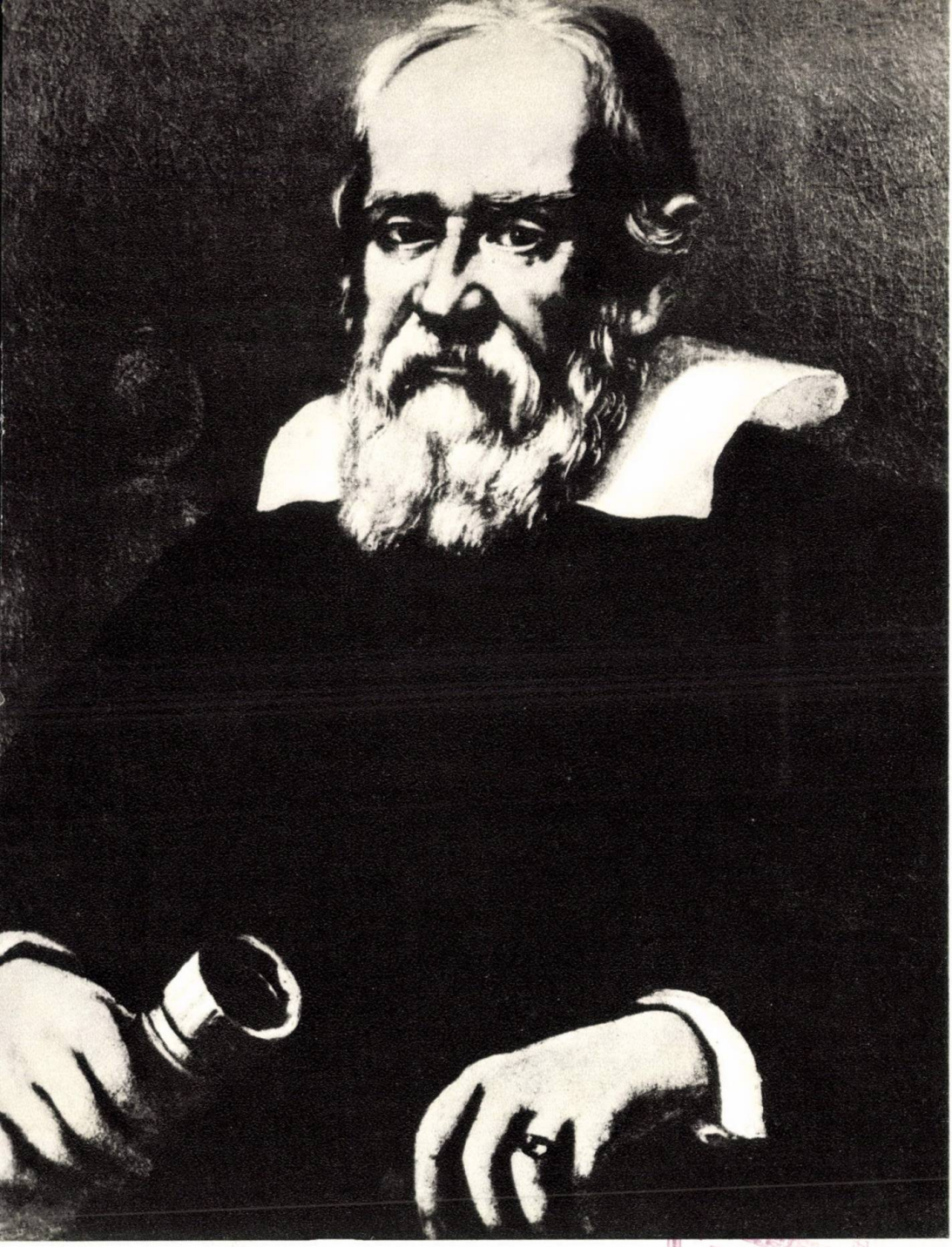
Această scrisoare, care a devenit cunoscută abia mai tîrziu, fiind publicată de Clerselier, a avut un rol în atitudinea de opoziţie a cartezienilor faţă de sistemul lui Newton.

Nu putem urmări aici toate amănuntele polemicii care s-a iscat între Descartes şi Roberval în legătură cu căutarea *centrului de agitaţie*, adică determinarea lungimii pendulului simplu sincron cu un pendul compus dat, problemă foarte grea, dacă ţinem seama de mijloacele existente la acea epocă. Nici Descartes, nici Roberval nu au putut-o soluţiona complet. Această problemă avea să fie reluată de Huygens printr-o metodă cu totul diferită. Tradiţia i-a acordat adesea dreptate lui Roberval în această polemică. Subliniem totuşi că nu se poate spune nici pe departe că Descartes nu a avut drep-

17. RENÉ DESCARTES. PORTRET ATRIBUIT LUI FRANS HALS.



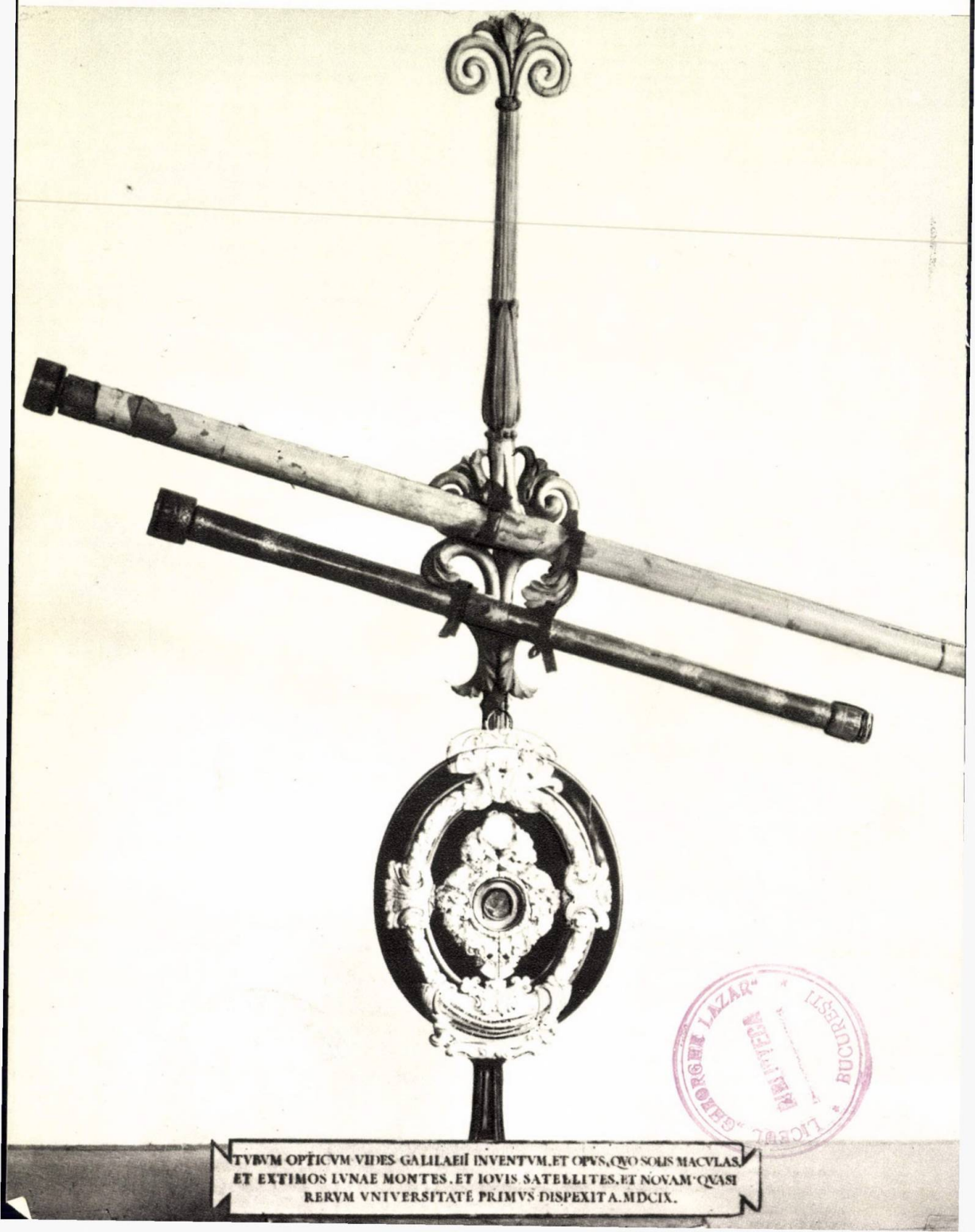
18. ACADEMIA DE ŞTIINŢE ŞI ACADEMIA DE ARTE FRUMOASE.



19. GALILEO GALILEI.

20. EXPERIENȚA CU EMISFERELE DIN MAGDEBURG.

21. JOHANN KEPLER.

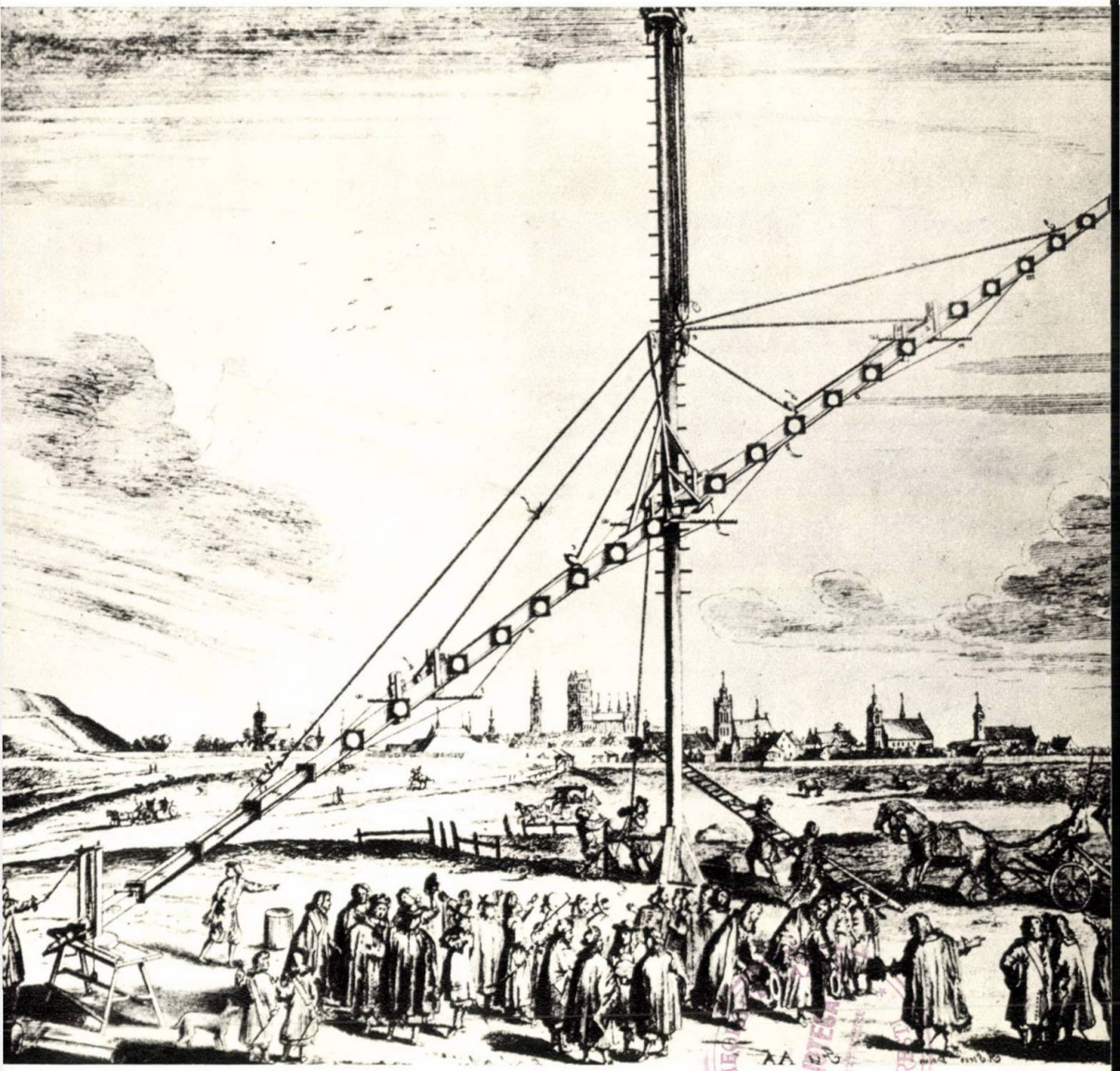


TVBVM OPTICVM VIDES GALILAEII INVENTVM, ET OPVS, QVO SOLIS MACVLAS, ET EXTIMOS LVNAE MONTES, ET IOVIS SATELLITES, ET NOVAM QVASI RERVM VNIVERSITATE PRIMVS DISPEXIT A. MDCIX.

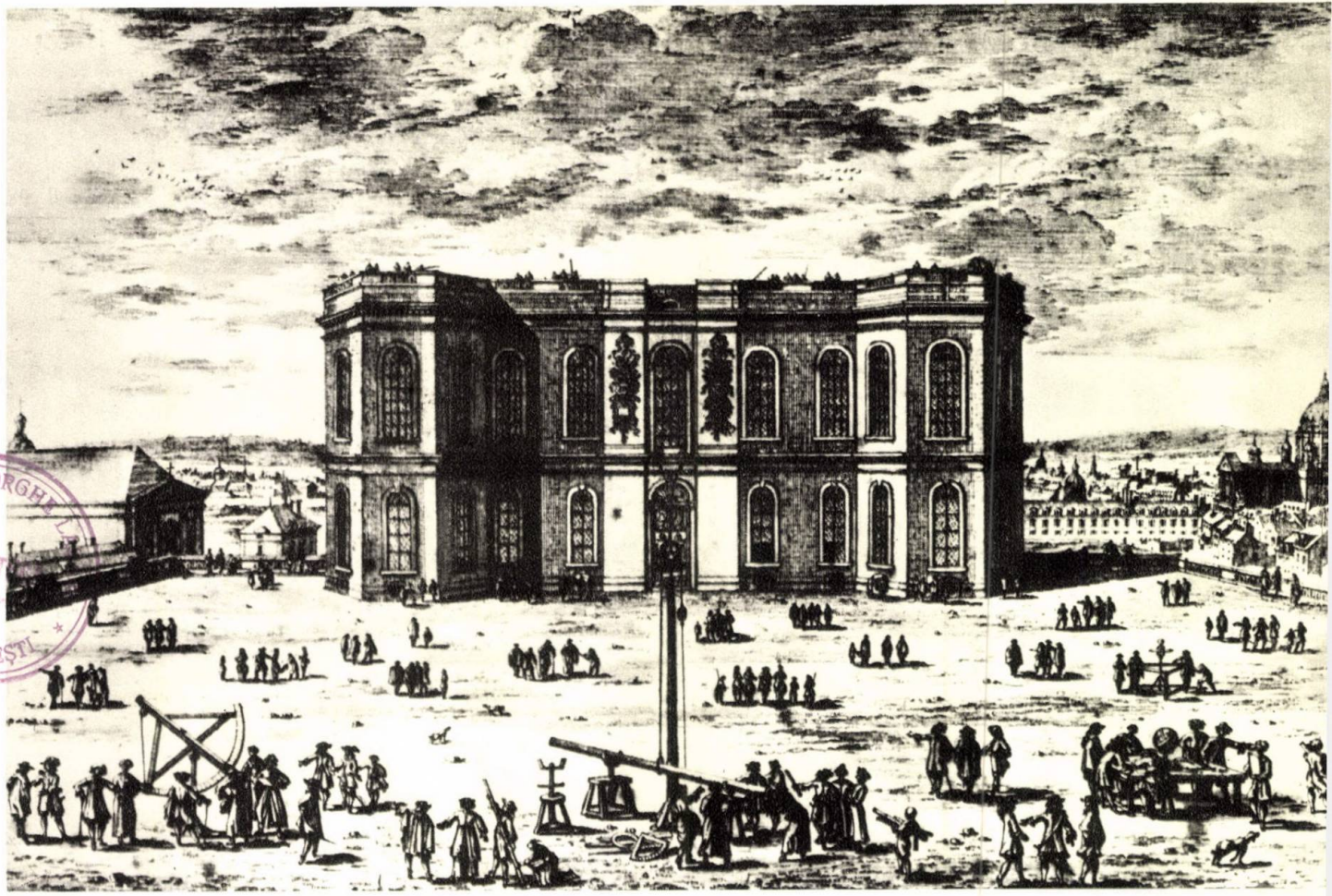
LICEUL „GHEORGHE LAZĂR" BUCUREȘTI BIBLIOTECA

22. LUNETELE LUI GALILEI.

23. LUNETA ASTRONOMICĂ A LUI HEVELIUS.



LICEUL ... BIBLIOTECA ... BUCUREȘTI



24. FAȚADA DINSPRE SUD A OBSERVATORULUI DIN PARIS, ÎN 1680.

tate în toate cazurile, deoarece el a înțeles, fără îndoială, mai bine decît oponentul său, necesitatea de a ține seama de gravitate pentru a găsi centrul de agitație.

SISTEMUL LUMII AL LUI DESCARTES. Partea esențială a mesajului pe care Descartes l-a adus secolului său nu constă totuși în rezolvarea problemelor propriu-zise care preocupau atunci pe savanți și în privința cărora el nu a publicat nici o lucrare exhaustivă și metodică, independentă de polemicile care apar în corespondența lui, ci în edificarea unui *sistem complet* pe care dorea să-l substituie în întregime doctrinei Școlii și din care toate calitățile și formele substanțiale erau izgonite în favoarea unui mecanicism universal care explica toate fenomenele acestei lumi vizibile cu ajutorul doar a trei concepte: întinderea, figura și mișcarea.

În această reducere a numărului de concepte rezidă originalitatea profundă, justificarea și adevărata utilitate a sistemului lui Descartes. Această importantă lecție a făcut școală, pentru că oferind posibilitatea unei explicații mecanice a tuturor fenomenelor lumii sensibile, ea constituia o pîrghie extrem de puternică a cercetării științifice.

Sistemul lui Descartes trebuia să-și găsească prima expresie — cea mai spontană și cea mai simplă, cît și cea mai copernicană — în tratatul *Lumea*, care era aproape terminat în iulie 1633. Condamnarea lui Galilei l-a determinat însă să amîne publicarea lui. În felul acesta, *Lumea* avea să vadă lumina tiparului abia în 1664. Descartes publicase, între timp, *Principia philosophiae* (1644). Prin această lucrare, de un aspect mai savant și mai didactic, învățații din toată Europa au luat cunoștință de mecanicismul cartezian.

Întinderea, în sensul lui Descartes, este substanță (sau materie, sau corp), și invers, substanța se reduce la întindere. Acest concept este lipsit de orice calitate sensibilă, de orice atribut particular și nu conține nimic ce nu poate fi universal. Această universalitate este în ochii lui Descartes cheia inteligibilității certe a întinderii. Întinderea umple spațiul în mod continuu: nu există vid și nu mai există atomi. Lumea carteziană este unică; ea este *infinită*, adică nu i se pot atribui limite.

Pentru Descartes, mișcarea este esențialmente relativă și nu poate fi definită decît în raport cu o vecinătate a ei, care este considerată a fi în repaus. Repausul este de aceeași natură ca și mișcarea: între ele există o adevărată simetrie. În natură domnește o lege generală care exprimă global echilibrul uneia și al altuia.

„Dumnezeu, prin atotputernicia lui, a creat materia cu mișcarea și cu repausul și păstrează acum în univers, prin concursul său obișnuit, exact atîta mișcare și atîta repaus cît a pus creîndu-le".

Dar obiectul conservării care este raportată la atributele unui Dumnezeu metafizic nu trebuie interpretat pripit.

Prima lege a mișcării este un fel de principiu al inerției; un corp nu-și schimbă starea de mișcare (sau de repaus), decît dacă se întîlnește cu un alt

corp. Orice corp care a început să se mişte îşi continuă mişcarea fără a se opri vreodată de la sine.

A doua lege precizează că orice parte a materiei tinde să se mişte *în linie dreaptă*, dacă nu întîlneşte alte corpuri.

A treia lege îşi propune să precizeze modalităţile de comunicare a mişcării între două corpuri care se întîlnesc. Ea este însoţită de şapte reguli asupra ciocnirii corpurilor, care sînt toate inexacte, cu excepţia primei, referitoare la ciocnirea a două corpuri egale care au viteze egale, dar care permit să se dea un conţinut şi o formulare matematică legii generale a conservării în univers.

Problema ciocnirii nu va fi reluată, în a doua jumătate a secolului, decît după asimilarea unui concept nou, acela de elasticitate, şi după considerarea cantităţii de mişcare ca non-disjunctă de sensul mişcării. Ideea legii conservării nu va fi afectată prin aceasta, ci numai conţinutul ei.

Să adăugăm, de asemenea, că pentru Descartes, coeziunea dintre particulele care compun un corp dur rezidă exclusiv în faptul că aceste particule se află între ele într-un repaus relativ. Acest paradox subliniază excepţionala consecvenţă a unui sistem conceput ca fiind prin excelenţă logic.

Cu ajutorul acestor concepte şi al acestor legi, Descartes îşi propune să explice „admirabila structură a acestei lumi vizibile". Căutînd să nu-i sfideze pe teologi, el declară:

„Voi avea mai multă grijă decît Copernic să nu atribui Pămîntului mişcare şi voi încerca să fac ca reflecţiile mele asupra acestui subiect să fie mai adevărate decît cele ale lui Tycho".

Părţile Soarelui se află într-o stare de agitaţie ca şi părţile oricărei flăcări, dar acesta nu este un motiv ca Soarele să se deplaseze dintr-un loc de pe cer în altul.

Materia cerului este lichidă, ca şi cea care compune Soarele şi stelele fixe. Pămîntul se află în repaus în partea cerului care-l înconjură şi care constituie *vîrtejul* său, totul fiind antrenat de mişcarea acestui vîrtej:

„După ce am înlăturat toate scrupulele care s-ar putea avea în legătură cu mişcarea Pămîntului, să ne gîndim că materia cerului în care se află planetele se învîrteşte neîncetat asemenea unui vîrtej care ar avea Soarele în centru... şi că toate planetele (printre care vom prenumăra de acum înainte Pămîntul), rămîn mereu suspendate între aceleaşi părţi ale acestei materii a cerului. Căci prin acest fapt în sine, fără a recurge la alte maşini, vom lămuri cu uşurinţă toate lucrurile care se observă în ele."

La început, Dumnezeu a împărţit întreaga materie din care a compus această lume vizibilă în părţi sensibil egale. Aceste părţi iniţiale nu puteau fi rotunde, întrucît nu poate exista vid, iar nişte bile în contact lasă, în mod necesar, spaţii între ele. Descartes consideră că aceste spaţii sînt umplute de „răzătura" părţilor de materie, pe măsură ce ele se rotunjesc.

Lumea vizibilă este formată din *trei elemente principale*: această răzătură foarte fărîmiţată şi animată de mişcări repezi; apoi restul materiei, ale cărui

părți sînt rotunde și foarte mici; în sfîrșit, corpuri care, din pricina mărimii și configurației lor, nu pot fi mișcate atît de repede.

Soarele și stelele fixe sînt formate din primul element, cerul din elementul al doilea, iar Pămîntul, planetele și cometele din elementul al treilea.

Vîrtejurile se rotesc, atingîndu-se în afara polilor lor, și în așa fel ca să nu-și stînjenească reciproc rotația. Materia primului element iese neîncetat din fiecare vîrtej prin punctele cele mai depărtate de polii acestui vîrtej și reintră, de asemenea, neîncetat, prin acești poli.

Materia celui de-al treilea element este alcătuită din părțile „răzăturii" cel mai puțin agitate. Descartes le concepe ca pe niște „mici coloane străbătute de trei canale și încolăcite ca o cochilie de melc", în așa fel ca să se poată învîrti în triunghiurile curbilinii lăsate între ele prin trei bile ale elementului al doilea, care se ating. Aceste părți străbătute de canale înoată la suprafața stelei căreia îi aparțin și se strîng, formînd niște pete asemenea spumei la suprafața unui lichid în fierbere.

Se poate întîmpla ca un vîrtej întreg să fie distrus de vîrtejurile vecine și ca steaua care se afla în centrul lui să se preschimbe într-o cometă sau planetă. Această primejdie nu există pentru un vîrtej fără pete, pe care-l protejează expansiunea materiei sale.

Cu ajutorul acestui model, Descartes încearcă să dea o imagine a mișcării planetelor și cometelor, să explice ce este coada cometelor, să analizeze mareele etc.

Lucrarea *Principia philosophiae* se extinde considerabil, în domeniul fizicii și al biologiei, dincolo de acest sistem al lumii. Să ne limităm să reținem din ea esențialul, în legătură cu greutatea.

Spațiul din jurul Pămîntului nu este vid, căci dacă ar fi, corpurile care se află la suprafața Pămîntului ar fi proiectate în cer din pricina rotației Pămîntului (aici Descartes nu ezită să reia un vechi argument scolastic).

Pămîntul, neavînd de la sine forța de a se învîrti în jurul său, trebuie să fie considerat antrenat de materia cerului, în mijlocul căruia el se află într-un repaus relativ. Dar materia cerului are un surplus de mișcare, care tinde să o depărteze de centru, ceea ce o face ușoară în comparație cu Pămîntul.

Materia cerului nu poate alunga în jos un corp din vecinătatea Pămîntului decît urcîndu-se în locul ocupat de acel corp. Dacă A este un corp ai cărui pori conțin mai puțină materie cerească decît aerul care-l înconjură, pentru Descartes este evident că acest exces de materie cerească va avea puterea de a apropia corpul A de centrul Pămîntului „și de a-i da astfel calitatea pe care o numim greutate".

Este inutil să subliniem cît de plin de iluzii este modelul mecanicismului cartezian. Elementele care scapă simțurilor noastre — astăzi am spune inobservabilele — sînt înzestrate în acest mecanicism cu forme din cele mai paradoxale. Prezentat de autor ca avînd valoarea unei demonstrații matematice, acest model nu constituia de cele mai multe ori decît o frescă calitativă, asemănîndu-se în această privință ca fizica scolastică, al cărei loc dorea să-l ia. Aspectele lui cantitative, cum ar fi regulile ciocnirii corpurilor,

se dovedesc inexacte atunci cînd sînt confruntate cu experienţa. Şi totuşi acest model este remarcabil prin simplitatea premiselor sale, dacă nu şi a căilor sale, şi ceea ce era oferit publicului constituia pentru multe spirite acea metodă de percepere raţională (cunoaştere) a fenomenelor fizice, de care simţeau că au nevoie.

C. PASCAL ŞI STATICA FLUIDELOR

GREUTATEA AERULUI ŞI OROAREA DE VID. Istoria îi datorează lui Pascal şi celebrelor sale lucrări stabilirea legăturii dintre greutatea aerului şi distrugerea mitului ororii de vid într-un singur simbol admirabil. Această greutate fusese, ce-i drept, afirmată de numeroşi precursori cum ar fi Nicolaus Cusanus, independent de problema vidului.

Cardano pare să fi fost primul om de ştiinţă care a încercat să rezolve problema pe baza experienţei, în cadrul unor teorii, de altfel fragile, privind rezistenţa fluidelor. El considera astfel că aerul este de cincizeci de ori mai uşor decît apa.

Jean Rey, medic din Périgord, a avut meritul de a fi abordat, în 1630, această problemă cu ajutorul chimiei, atribuindu-i aerului sporul de greutate constatat în urma calcinării staniului.

O dată cu Isaac Beeckman vedem apărînd, fără o legătură precisă, afirmarea simultană a greutăţii aerului şi a existenţei vidului. Baliani îi împărtăşea lui Galilei aceeaşi părere. Galilei însuşi admitea că oroarea de vid ar putea fi limitată; experienţele sale asupra greutăţii aerului i-au dat o densitate de două ori mai mică decît cea care era de aşteptat. Cît despre Mersenne, aplicînd fără restricţii legile dinamicii scolastice căderii corpurilor în aer şi în apă, a găsit o densitate a aerului de circa 1900 de ori mai mică decît cea a apei.

În toamna anului 1646, părintele Petit repetă la Rouen în faţa celor doi Pascal — tatăl şi fiul — experienţa lui Torricelli. El a lăsat în această privinţă o relatare care este un model de proces-verbal al unei experienţe, nelăsînd în umbră nici un amănunt.

Blaise Pascal repetă, în mod public, această experienţă în mai multe variante şi lansează adevărate sfidări oponenţilor săi.

În 1647, în cartea sa *Expériences nouvelles touchant le vuide*, Pascal nu îndrăzneşte încă să proclame absurditatea ororii de vid, limitîndu-se, după exemplul lui Galilei, să afirme că „forţa acestei orori este limitată şi asemănătoare celei cu care tinde să curgă în jos apa de la o înălţime de vreo treizeci şi unu de picioare", însă din acest moment el vede ceea ce scăpase observaţiei lui Galilei, şi anume că experienţa se face totdeauna deasupra unor vase aflate în contact liber cu atmosfera.

De asemenea, el a ajuns deja la ideea că ceea ce susţine mercurul în tubul lui Torricelli este numai presiunea aerului atmosferic, consecinţă a greutăţii acestuia. Dar el menţionează şi obiecţia care-i poate fi opusă — şi îndărătul

căreia vedem o aluzie transparentă la Descartes — şi anume că greutatea aerului nu este incompatibilă cu existenţa unei „materii imperceptibile, care nu poate fi auzită şi nu poate fi cunoscută prin simţuri, dar care umple spaţiul în aparenţă vid", care se formează în partea de sus a tubului cu care se face experienţa.

MAREA EXPERIENŢĂ. Trebuie să ne situăm în acest context pentru a înţelege experienţa de pe muntele Puy de Dôme ale cărei documente Pascal le publică în 1648. Primul dintre aceste documente este o scrisoare adresată de Pascal cumnatului său, Florin Périer, consilier la Curtea de subsidii de la Clermont, pentru a-i cere să facă o experienţă „hotărîtoare", profitînd de învecinarea cu munţii înalţi din Auvergne. E vorba de „experienţa obişnuită asupra vidului", adică de experienţa lui Torricelli, care trebuie repetată „de mai multe ori într-o zi, cu acelaşi tub, cu acelaşi mercur, atît la poalele cît şi la vîrful unui munte care are cel puţin 500—600 de stînjeni". Căci, adaugă Pascal, „este sigur că o cantitate mult mai mare de aer apasă poalele muntelui, neputîndu-se spune, pe de altă parte că la poalele muntelui natura are oroare de vid într-o măsură mai mare decît la vîrful său". Această frază caracterizează originalitatea lui Pascal. Ea nu constă în experienţa însăşi, ci în încrederea pe care o are în succesul ei şi în interpretarea pe care i-o dă.

Astăzi ştim bine că, la acea epocă, Pascal n-a fost nici pe departe singurul care considera că poate fi util „să se experimenteze dacă mercurul se ridică la acelaşi nivel, sus pe un munte ca şi la poalele lui". Expresia îi aparţine lui Descartes care se referă chiar la Pascal, într-o scrisoare adresată lui Mersenne, la 13 decembrie 1647. Marele adversar al vidului îşi expune observaţiile sale cu privire la variaţiile de ordinul unui ţol ale înălţimii mercurului în acelaşi loc în funcţie de condiţiile atmosferice. Corespondenţa lui Mersenne dovedeşte că nici cazul lui Descartes nu este un caz izolat. Toată lumea crede, în acest moment al istoriei,în greutatea aerului şi în influenţa lui asupra înălţimii mercurului, şi problema de a şti dacă această greutate poate fi pusă în evidenţă variindu-se altitudinea locului de observaţie, se află la ordinea zilei. Descartes este favorabil acestei experienţe, în timp ce Mersenne, care ezită în privinţa noţiunii de vid, şi Roberval, care este un adept hotărît al acesteia, se îndoiesc de succesul ei şi prin urmare de interesul pe care-l prezintă. Într-adevăr, totul depinde de ordinul de mărime pe care diverşi antagonişti o atribuie greutăţii aerului şi grosimii stratului de aer din jurul Pământului, deoarece în funcţie de ceea ce se admite în această privinţă, se poate presupune că înălţimea unui munte este suficientă pentru a determina o variaţie a înălţimii coloanei de mercur de un ordin de mărime destul de ridicat pentru a se deosebi de alte variaţii constatate.

Este curios să citim, în relatarea lui Florin Périer asupra „marii experienţe" realizate sub conducerea sa la 19 septembrie 1648, că această zi „a fost cît se poate de nestatornică", şi că totuşi înălţimile coloanei de mercur, măsurate de mai multe ori la poalele muntelui şi pe vîrful Puy de Dôme, precum şi într-o staţiune intermediară, au fost în fiecare din cele trei puncte mereu aceeaşi. Dacă observaţiile făcute pe vîrf şi la staţiunea din mijloc au fost probabil de

scurtă durată, observatorul lăsat la poalele muntelui a avut la dispoziţie toată ziua pentru a constata că înălţimea mercurului nu a suferit nici o modificare în acel loc „deşi timpul a fost cît se poate de nestatornic, cînd senin, cînd ploios, uneori ceţos şi uneori cu vînt". Cine l-ar putea crede chiar dacă măsurătorile lui Périer nu sînt date decît cu o precizie de un sfert de linie, adică ceva mai mult de o jumătate de milimetru: este o precizie suficientă pentru ca afirmaţia asupra constanţei înălţimii coloanei de mercur la poalele muntelui în cursul unei zile întregi cu condiţii atmosferice variabile să fie foarte suspectă.

Raportul lui Périer, despre care Pascal spune că el „a lămurit toate dificultăţile" elimină prea categoric prin negare, din motive didactice, tot ceea ce noi am putea numi fenomene secundare. De fapt — dar este semnificativ că Pascal nu vrea s-o recunoască —, succesul „marii experienţe" constă în faptul că ordinul de mărime a diferenţei dintre înălţimile coloanei de mercur măsurate la poalele şi pe vîrful Puy de Dôme (peste trei ţoli) depăşeşte atît de apreciabil variaţiile constatate pînă atunci, în funcţie de condiţiile atmosferice, încît trebuie să se atribuie, fără îndoială, diferenţei de altitudine o importanţă majoră. Trebuie, de asemenea, să se revizuiască evaluarea greutăţii aerului, greutate care variază cu altitudinea. Faţă de mărimea variaţiei înregistrată pe Puy de Dôme, părintele de La Marre putea pune în evidenţă o diferenţă de patru milimetri şi jumătate între poalele şi vîrful turnurilor din biserica Notre Dame de Clermont, iar Pascal însuşi putea găsi un rezultat de acelaşi ordin de mărime, experimentînd pe turnul bisericii Sf. Iacob din Paris, fără să se mai teamă de data aceasta — observaţiile fiind foarte apropiate în spaţiu şi în timp — de fenomenele secundare.

Vedem deci în ce sens această „mare experienţă", despre care Pascal spune că „ o dorinţă universală a făcut-o celebră înainte ca ea să se producă", s-a dovedit eficace: ea a permis să se prevadă succesul unor alte experienţe mai sigure pentru punerea în evidenţă a factorului principal al sustentaţiei înălţimii barometrice. Vedem însă, de asemenea, rezervele care trebuie făcute în privinţa caracterului hotărîtor al experienţei.

Experienţa hotărîtoare este cea despre care Pascal vorbeşte cam în treacăt, la începutul scrisorii sale adresată lui Périer. Este experienţa vidului în vid, care constă în a aşeza, cu ajutorul unui dispozitiv adecvat, un tub Torricelli în interiorul unui vid barometric şi în a constata că mercurul „coboară în întregime", nemaifiind „nici apăsat, nici contrabalansat de aer". Paternitatea acestei experienţe revine, fără îndoială, lui Roberval şi dacă nu ne putem îndoi că Pascal a făcut-o, după cum arată el, de sine stătător, putem avea îndoieli în privinţa datei de 15 noiembrie 1647, pe care o înscrie pe scrisoarea către Périer aşa cum o publică în octombrie 1648. Concluzia pozitivă care se desprinde din critica textului constă în faptul că în cursul iernii anului 1647—1648, Pascal a întîlnit fenomene care i-au permis să afirme „că natura nu are nici o oroare faţă de vid... şi că toate efectele atribuite acestei ororî provin din greutatea şi presiunea aerului", dar că, neputînd pretinde că el a făcut experienţa decisivă, şi-a situat aportul original în altă parte.

Meritul său rămîne acela că, în toiul dezbaterilor complexe dintre adversarii şi partizanii vidului, el a cerut şi a obţinut realizarea unei experienţe specta-

culoase. Acesta rămîne adevărat, chiar dacă el a neglijat, în mod conștient, exactitatea în relatarea acestei experiențe, sacrificînd-o unui nou dogmatism.

BAROMETRUL ȘI MAȘINA PNEUMATICĂ. COMPRESIBILITATEA AERULUI. Ceea ce nu cuprinde *Relatarea* marii experiențe se găsește, în detaliu, în tratatele postume despre *Echilibrul lichidelor* și *Greutatea masei de aer*, publicate în 1663. Pascal ni se înfățișează în aceste lucrări ca un fizician remarcabil prin varietatea aparaturii sale experimentale, prin finețea analizelor sale, prin prelucrarea datelor de măsurare, cu înțelegerea clară a aproximațiilor făcute și cu aprecierea lucidă a importanței relative a termenilor. Nu ne mirăm deci găsind în apendicele la aceste tratate fragmente a căror redactare poate fi situată în 1651 și în care Pascal se ocupă de acele fenomene secundare pe care le-a eliminat cu grijă din *Relatare*. El le prezintă cu atîta aplicație, încît merge pînă la a descrie patru dispozitive capabile să deceleze variația condițiilor atmosferice, în particular, un sifon al cărui debit descrește o dată cu presiunea atmosferică.

Trebuie însă arătat că folosirea „tubului lui Torricelli" în formă de sifon pentru prezicerea ploii și a timpului frumos nu este opera lui Pascal. Ea se datorează lui Otto von Guericke al cărui instrument spectaculos (un flotor legat printr-un fir de o figurină care permite ca variațiile presiunii atmosferice să fie concretizate prin înclinațiile unui braț) este descris în lucrarea *Experimenta nova Magdeburgica de vacuo spatio* (1672), terminată în 1663.

Cît despre denumirea de barometru, ea este de dată mai recentă: s-a impus de-abia după lucrarea *Essai sur la nature de l'air*, publicată de Mariotte în 1676.

Experimentator remarcabil, Otto von Guericke a demonstrat greutatea și elasticitatea aerului independent de Torricelli. Talentele sale practice l-au orientat însă în altă direcție decît pe Pascal. Din 1632, el și-a propus să obțină un instrument capabil să scoată apa dintr-un recipient plin, pentru a produce vid. Eșecul încercărilor sale l-a îndemnat să le repete cu un recipient plin numai cu aer și în felul acesta el a ajuns la pompa pneumatică și la celebra experiență cu emisferele de Magdeburg, prezentată Dietei de la Ratisbona, în 1654. Robert Boyle (1627—1691), care a adus unele îmbunătățiri mecanismului pompei, înlocuind pîrghia care comanda pistonul printr-o cremalieră care se mișca în două sensuri cu ajutorul unei roți dințate și care a efectuat în modul cel mai satisfăcător experiențele lui Guericke (între altele experiența cu soneria închisă într-un recipient vid, al cărei sunet încetează de a fi perceput) datorită formei de clopot cuprinzător pe care a dat-o recipientului, îl recunoaște formal pe Guericke ca inventator (*New Experiments Physico-mechanicall*, 1660). Tot lui Guericke trebuie să-i atribuim ideea de a fi utilizat în interiorul recipientului un manometru destinat să pună în evidență rarefierea aerului și să măsoare oarecum vidul.

Îmbunătățirile succesive aduse mașinii de către Huygens, Denis Papin și cîțiva alți fizicieni mai puțin cunoscuți se referă la amănuntele experienței (robinete cu dublă sau triplă perforare, supape etc.), destinate să reducă pierderile sau spațiile care fac să scadă eficiența experienței. Ele nu se referă însă

la principiul fundamental, aşa încît la jumătatea secolului al XVII-lea, datorită lui Pascal şi Otto von Guericke, vidul a căpătat dreptul de cetăţenie în ştiinţă. Ar fi greşit însă să credem că, la acea epocă, experienţa cu barometrele şi interpretarea ei corectă n-au mai stîrnit opoziţii. Disputele au avut, de altfel, un efect binefăcător, deoarece au dus la experienţele lui Boyle asupra elasticităţii şi compresibilităţii aerului (1661). Boyle nu şi-a dat însă seama de interesul pe care-l prezentau rezultatele sale cantitative, cedîndu-i lui Towneley prioritatea descoperirii şi enunţării legii, greşit desemnată, şi astăzi, sub numele de legea lui Mariotte: acea a proporţionalităţii inverse dintre volum şi presiune la temperatură constantă. Această lege, a cărei verificare experimentală a fost refăcută de mai multe ori, a permis o serie de perfecţionări ale pompelor cu compresiune şi ale manometrelor, dar s-a lovit şi ea de numeroase obiecţii. Între altele, Jacques Bernoulli a afirmat, în 1683, că dacă coborîm sub un anumit volum, cînd moleculele de aer se ating toate între ele, nu mai este posibilă nici o compresiune. Dar în timp ce Mariotte, care a recunoscut importanţa legii şi a verificat-o o dată mai mult în 1679, credea în existenţa unei alte limite (imposibilitatea de a rarefia gazul sub 1/4000 din concentraţia normală) Amontons a demonstrat că această ipoteză nu se confirmă şi că validitatea legii lui Boyle-Mariotte este legată doar de o temperatură constantă (1702).

HIDROSTATICA ŞI METODA LUI PASCAL. Oricît de remarcabil ar fi principiul lui Arhimede, el nu exprimă decît o lege globală. Simon Stevin, despre care s-a vorbit într-un capitol precedent, este primul om de ştiinţă „modern" care a fost în stare să-l depăşească pe Arhimede, concepînd noţiunea de presiune. Dar meritul de a fi precizat această noţiune îi revine lui Pascal. În cele două tratate menţionate mai sus, publicate în 1663, dar scrise probabil între 1651 şi 1654, Pascal enunţă clar că pe învelişul unei mase fluide în echilibru forţa este pretutindeni proporţională cu suprafaţa de aplicare, abstracţie făcînd de greutate.

El dă o primă justificare a raţionamentelor sale, referindu-se la statica lucrurilor virtuale ale lui Descartes. Împingînd într-un loc oarecare, în interiorul unui fluid, un piston cu o suprafaţă mică pînă la o anumită adîncime, obţinem acelaşi efect ca împingînd în altă parte un piston de o sută de ori mai întins, pînă la o adîncime de o sută de ori mai mică. În ambele cazuri, masa deplasată este aceeaşi. Pascal invocă continuitatea şi fluiditatea, dar nu-şi dă seama că postulează incompresibilitatea fluidului la care se referă, apa, şi conservarea volumului în cazul oricărei deformări virtuale, dacă se porneşte de la starea de echilibru.

Fără îndoială, un anumit sentiment de nemulţumire este cel care-l îndeamnă să adauge o probă care nu va putea fi înţeleasă decît de geometri şi poate fi neglijată de „alţii". Această probă nu este totuşi mai satisfăcătoare decît prima. Considerînd ansamblul celor două pistoane ale maşinii hidraulice în echilibru şi ţinînd seama de legătura realizată de fluidul conţinut în vasele comunicante, Pascal arată că centrul de greutate al pistoanelor (ale căror greutăţi sînt proporţionale cu suprafeţele lor) nu se poate lăsa în jos; el se referă, fără a o spune, la principiul lui Torricelli pentru sistemele grele. Dar el se opreşte fără a trage

concluzii, afirmînd că trebuie „considerat ca fiind foarte adevărat că un vas plin cu apă, avînd deschizături și forțe proporționale acestor deschizături, aplicate la ele, se află în echilibru". În transpunerea principiului de minim întrevăzut pentru sistemele grele, Pascal n-a depășit explicit stadiul bîjbîielii.

El are totuși meritul de a fi lăsat posterității cîteva formule care ne impresionează: „un vas plin cu apă este o mașină mecanică capabilă să multiplice forțele". Trecînd de la hidrostatică la greutatea aerului, „pe care nimeni n-o mai contestă astăzi" el face speculații privind calculul întregii mase a aerului existent în lume și, la sfîrșit, adresează discipolilor lui Aristotel o sfidare — la care ei vor încerca să răspundă —, cerîndu-le să explice prin oroarea de vid toate efectele pe care le explică presiunea aerului. Pascal stăpînește secretul stilului și al polemicii. Se știe, din *Cugetările* lui, că el nu accepta mecanismul cartezian:

„*Descartes.* — Trebuie spus, vorbind în general: Aceasta se face prin figură și mișcare; căci aceasta este adevărat. Dar a spune din care anume și *a compune* mașina — este ridicol; căci este inutil, și nesigur, și penibil".

Deși admitea caracterul judicios al conceptelor carteziene, Pascal prefera deci o metodă constînd în a imagina rapid principii generale pentru care experiențele (cum ar fi ridicarea apei în corpurile de pompă și tubul lui Torricelli) să fie mai curînd consecințe decît puncte de plecare. Ceea ce am spus mai sus despre experiența cea mare, confirmă, din acest punct de vedere, o filozofie a metodei lui Pascal exprimată, cu claritate, de Léon Brunschivcg și Pierre Boutroux.

Știința modernă va tinde să-i dea dreptate lui Descartes, cel puțin lui Descartes cel necunoscut.Teoria fizică pornește de la experiență pentru a reveni la experiență, formulînd previziuni. Dar în intervalul dintre ele, ea este liberă să considere toate elementele inobservabile și toate elementele abstracte utile analizei sale; dacă lucrul acesta este uneori greu, el nu este nici mai puțin eficient și nici mai puțin sigur decît admiterea aprioricâ a informațiilor 'generale.

D. ȘCOALA CARTEZIANĂ

Descartes era conștient că tratează numai ceea ce este cel mai general în fizică, dar el credea că a lămurit și a formulat principiile ei într-un mod durabil, dacă nu chiar definitiv. Astfel, în prefața la ediția franceză a lucrării sale *Principia philosophiae* trasa continuatorilor săi, în esență, o sarcină experimentală:

„Știu bine că s-ar putea să treacă secole înainte de a se deduce din aceste Principii toate adevărurile care pot fi deduse din ele; aceasta pentru că majoritatea adevărurilor care mai trebuie descoperite depind de cîteva experiențe particulare care nu se vor întîlni niciodată întîmplător, ci trebuie căutate cu grijă și cheltuială de către oameni deosebit de inteligenți."

Fizica cartezianã a fost predatã mai întîi la Utrecht şi la Leiden. Primul filozof cartezian, Reneri, a trăit în mod prudent în umbra filozofului francez. Cu Regius, care publică în 1646 la Amsterdam lucrarea *Fundamenta physices*, încep dificultăţile: Descartes îl va dezavua. Trebuie să recunoaştem că dacă metafizica lui Descartes a fost vizibil mutilată de Regius, în schimb scolastica reapărea în tratatul său cu tot cortegiul de forme, de mutaţii şi de calităţi.

Pentru a omagia memoria profesorului său, Clerselier publică corespondenţa lui Descartes: în 1657 , 1659 şi 1666 vor apărea trei volume. Clerselier continuă, în măsura forţelor sale şi doar cu sprijinul lui Rohault, disputa pe care Descartes o începuse cu Fermat în privinţa modelului mecanic al legilor reflexiei şi refracţiei, date de el în *Dioptrica* sa, model bazat pe un izomorfism delicat.

ROHAULT. Dar cel mai mare propagator al ştiinţei carteziene a fost, fără îndoială, Jacques Rohault, a cărui lucrare *Traité de physique* (1671) avea să domine aproape şaizeci de ani, fiind folosită în mod curent la Cambridge încă şi pe timpul lui Newton.

Rohault expune o metodă excelentă, care anunţă secolul al XVIII-lea. El condamnă în acelaşi timp empirismul pur şi folosirea exclusivă a raţiunii. El distinge trei categorii de experienţe: acelea care se reduc la simpla mărturie a simţurilor, acelea care se fac în mod deliberat, dar fără a putea şti sau prevedea ceea ce se poate întîmpla şi, în sfîrşit, acele experienţe pe care le anticipează raţionamentul. Dacă acestea din urmă sînt cele mai nobile şi cele mai utile fizicianului, nu trebuie totuşi dispreţuite nici cele două forme mai elementare de experimentare.

Rohault rămîne cartezian în ceea ce priveşte definiţia întinderii şi inexistenţa vidului. El justifică principiul inerţiei pe baza unor argumente care se inspiră atît din Galilei, cît şi din Descartes. Regulile ciocnirii propuse de el sînt mai simple şi mai exacte decît cele ale lui Descartes, dar nu exprimă în mod fidel decît cazul şocului neelastic. Hidrostatica lui urmează strîns pe cea a lui Pascal în tot ce priveşte experienţele cu vidul; dar interpretarea sa rămîne în spiritul lui Descartes: există o „materie adevărată" deasupra mercurului în tubul barometric.

Rohault invocă observaţiile microscopice şi în special amănuntele pe care ele ni le dezvăluie cu privire la anatomia unui păianjen pentru a justifica *inobservabilele* mecanicismului cartezian. El refuză astfel „să cadă în slăbiciunea celor care găsesc ridicol tot ce li se propune, dacă nu are legătură cu ideile lor grosolane, atunci cînd li se vorbeşte despre o materie subtilă, a cărei agitaţie şi micime îi deschid liberă trecere şi îi permit să găsească loc pretutindeni".

Cosmogonia lui Rohault are la bază cele trei elemente ale lui Descartes, dar modelul este simplificat în mod fericit.

Rohault studiază în amănunţime toate fenomenele tensiunii superficiale: meniscurile, ridicarea lichidelor în tuburile capilare. Leibniz va spune în legătură cu aceasta: „Din tot ce merită să fie numit o descoperire a unui cartezian nu cunosc decît micile tuburi ale domnului Rohault". Florin Périer îi va acorda lui Rohault un omagiu asemănător în prefaţa sa la lucrările postume ale lui Pascal.

Fizica lui Rohault, elegant și clar expusă, accesibilă unui foarte larg public, a servit cauza cartezianismului chiar dincolo de ceea ce ar fi fost de dorit, constituind, în cele din urmă, un serios obstacol pentru acceptarea unor sisteme mecanice mai abstracte și mai savante pe cale de a se naște la acea epocă.

Alături de Rohault trebuie să menționăm pe Régis, a cărui activitate filozofică a depășit mult pe cea științifică propriu-zisă. Mare erudit și excelent popularizator, Régis a știut să completeze cartezianismul în lumina ultimelor fapte ale experienței, cunoscute de el. Prin prestigiul său a contribuit la recunoașterea autorității cartezienilor, în pofida persecuțiilor oficiale și a rezistenței corpurilor didactice.

MALEBRANCHE. Malebranche este singurul mare gînditor al epocii care a urmat calea cartezianã. Deși rămîne fidel metodei și principiului lui Descartes, Malebranche se consideră în drept să nu considere filozofia acestuia ca infailibilă. Există cazuri în care „acest mare om s-a înșelat". El însuși ne-a avertizat „că citind lucrările sale... nu trebuie să credem nimic din ceea ce spune decît atunci cînd evidența ne obligă". Așadar, a fi cartezian adevărat înseamnă a nu accepta nimic fără cercetare.

Malebranche rupe, în mod deliberat, simetria pe care o stabilise Descartes între repaus și mișcare, dar, în raport cu relativitatea mișcării, această ruptură nu constituie un progres. În ochii lui Malebranche, repausul nu este decît „o pură privațiune" care nu presupune de loc o voință pozitivă a lui Dumnezeu. În schimb, mișcarea reclamă „o eficiență", adică o voință care nu poate aparține decît Creatorului.

Pe de altă parte, este nevoie de o altă cauză — în afară de simplul repaus relativ al părților unui corp dur — pentru a explica coeziunea acestor părți. Această cauză Malebranche o găsește în mișcarea materiei subtile care înconjură și comprimă părțile corpurilor. El explică în același fel elasticitatea și fluiditatea. În toate acestea constatăm o anumită afinitate cu studiile din tinerețe ale lui Leibniz.

În problema ciocnirii corpurilor, Malebranche are față de Descartes avantajul de a fi venit după Huygens, Wallis, Wren și Mariotte, și de a fi dispus astfel de legile precise care au luat locul regulilor apriorice ale lui Descartes. Malebranche va căuta însă să dea o *explicație fizică* acestor legi, în maniera cartezianã:

„Mi se pare clar, va spune Malebranche în lucrarea sa *Recherche de la Vérité*, că orice corp este prin el însuși infinit moale, deoarece repausul nu are de loc forță pentru a rezista mișcării și că astfel o parte a unui corp mai ieșită înainte decît vecina ei trebuie să se separe de el. În felul acesta, corpurile dure sînt dure numai datorită compresiunii materiei invizibile care le înconjură și care pătrunde în porii lor... Trebuie să considerăm deci corpurile pe care le numim dure ca și cum ele ar fi moi; cel puțin pînă la momentul compresiunii perfecte sau al reacției materiei subtile care produce opunerea."

Mergînd mai departe pe linia fizicii lui Descartes, dar folosind și fizica lui Huygens, Malebranche recurge la vîrtejuri, perfecționîndu-le și înmulțindu-le

la infinit. Mişcarea materiei eterate nu se limitează la deplasarea marilor vîrtejuri care antrenează planetele în jurul Soarelui sau sateliţii în jurul planetelor. Şi în structura cea mai fină, materia se deplasează în vîrtejuri foarte repezi. Întrucît materia este divizibilă la infinit şi repausul nu are nici un fel de forţă, micile vîrtejuri, silite prin rezistenţa lor reciprocă să se ajusteze între ele şi să-şi contrabalanseze mişcările, sînt cele care asigură coeziunea corpurilor dure, comprimînd părţile lor. Malebranche reuşeşte astfel să dea un adevărat sistem al lumii cu ajutorul unui model turbionar înzestrat cu o structură matematică necunoscută vîrtejului cartezian.

„Aş putea în mod justificat — spune Malebranche — să reduc de milioane de milioane de ori diametrele micilor vîrtejuri; într-un cuvînt, să le atribui o micime infinită, ceea ce ar face să crească forţa lor centrifugă la infinit".

Cuvîntul a fost pronunţat. Forţa centrifugă este cea care face din mici vîrtejuri elemente perfect elastice, înzestrate cu o energie „teribilă", în stare să explice o serie de fenomene ale naturii: efectele trăsnetului, ale exploziei prafului cu puşcă, precum şi producerea focului şi reacţiile chimice.

Greutatea este pentru Malebranche un fenomen hidrostatic care-şi are sediul în starea grămezilor turbionare în vecinătatea centrelor marilor vîrtejuri.

E. HUYGENS

Fiu al unui om cultivat, care era un mare prieten şi un profund admirator al lui Descartes, plasat devreme, datorită unor condiţii favorabile, pe orbita cercetării, Huygens îşi va aminti, la sfîrşitul vieţii sale, iniţierea precoce în fizica carteziană, care marcase adolescenţa sa:

„Domnul Descartes găsise mijlocul de a face ca ipotezele şi ficţiunile sale să fie luate drept adevăruri. Celor care citeau lucrarea sa *Principiile filozofiei* li se întîmpla ceva asemănător cu ceea ce se întîmpla cititorilor de romane care plac şi fac aceeaşi impresie ca şi istoriile adevărate. Noutatea imaginilor micilor sale particule şi vîrtejuri contribuie mult la aceasta. Cînd am citit pentru prima dată *Principiile*, mi s-a părut că totul mergea cît se poate de bine şi cînd dădeam de vreo dificultate credeam că este greşeala mea că nu am înţeles bine ideea lui. Nu aveam decît 15 — 16 ani. Dar după ce am descoperit mai tîrziu din cînd în cînd lucruri vizibil false şi altele prea puţin verosimile, m-am eliberat considerabil de iluzia pe care o avusesem".

LEGILE CIOCNIRII ŞI CRITICA LUI DESCARTES. În 1652, Huygens începe să pună la îndoială valabilitatea regulilor lui Descartes cu privire la ciocnirea corpurilor şi nu este mulţumit de explicaţiile pe care i le oferă Schooten, cartezian de strictă obedienţă, căruia el îi declară, în cele din urmă, la 29 octombrie 1654: „Dacă toate regulile lui Descartes, în afară de prima, nu sînt false, înseamnă că nu ştiu să deosebesc adevărul de neadevăr".

Huygens nu a găsit adevărul, așa cum îl înțelegea el, nici în tratatele lui Marcus Marci de Kronland, pe care și le-a procurat la Anvers, în iunie 1654. Nu este însă sigur că ceea ce a citit imediat în aceste lucrări, în problema ciocnirii corpurilor, a rămas fără consecințe pentru el. Într-adevăr, analiza savantului din Praga pune accentul pe fenomenul însuși de ciocnire care într-un timp foarte scurt lezează corpurile care vin în contact și-l obligă pe observator să facă distincție între corpuri moi și corpuri tari, acestea din urmă subîmpărțindu-se în corpuri fragile și perfect dure. Dacă modul cum Marcus Marci deduce impulsul datorat ciocnirii din analiza deformărilor rămîne destul de abstract și confuz, el are meritul de a se opune abordării pur geometrice a problemei și de a introduce noțiunea de masă și raportul dintre mase ca elemente caracteristice capabile să permită o elaborare teoretică. Concepția lui Marci conferă cazului în care unul dintre corpuri este la început în repaus, valoare de exemplu, care s-ar putea să fi avut o influență asupra principiului relativității enunțat de Huygens cîțiva ani mai tîrziu. Oricum ar fi, la 2 noiembrie 1657, Huygens scrie lui Schooten: „Mă aflu în posesia cîtorva reguli indubitabile (ale ciocnirii corpurilor) și nimic nu mi-a dat o satisfacție mai mare decît constatarea că ele sînt în acord perfect cu experiența". Va trebui însă așteptat concursul anunțat de Royal Society în 1666, pentru a avea la dispoziție soluția elaborată de Huygens, soluție pe care, de altfel, el n-o trimite decît cu oarecare întîrziere, după cele propuse de Wallis și de Wren.

Wallis dă legile exacte ale ciocnirii corpurilor dure (adică lipsite de elasticitate). Wren — legile ciocnirii elastice, dar fără a le sprijini pe o demonstrație propriu-zisă. Memoriul lui Huygens, mult mai savant, trata, și el, ciocnirea elastică. El pornea de la principiul inerției, de la un principiu al relativității și de la postulatul potrivit căruia două corpuri egale care au viteze egale și se ciocnesc frontal sar înapoi avînd fiecare viteza dinainte de ciocnire.

Principiul relativității invocat de Huygens consta în admiterea faptului că circumstanțele ciocnirii sînt aceleași în cazul unui reper considerat fix și în cazul unui reper mobil, animat în comparație cu primul de o mișcare de translație rectilinie și uniformă. Datorită acestui principiu, Huygens putea să reducă toate cazurile de ciocnire a corpurilor egale la cazul simetric, obiect al postulatului indicat mai sus.

Cît despre problema generală a ciocnirii corpurilor inegale, Huygens, ca și Wren, nu a dat încă demonstrația necesară, care avea să apară de-abia în tratatul său postum *De motu corporum ex percussione* (1700).

Mariotte va relua teoria ciocnirii în lucrarea sa *Traité de la percussion ou choc des corps* (1673). Fără a constitui un pas în esență nou față de lucrările precedente, acest tratat se distinge printr-o tendință mult mai net experimentală. Mariotte renunță la corpurile *perfect dure* în sensul lui Wallis și nu cunoaște decît corpurile *flexibile cu resort* (adică perfect elastice) și *flexibile fără resort* (adică perfect moi). Mariotte are de asemenea meritul de a sublinia că nu greutatea, ci cantitatea de materie a unui corp intervine în mărimea cantității de mișcare și deci în ciocnire. Mariotte se ocupă, de asemenea, de căutarea *centrelor de percuție*.

FORȚA CENTRIFUGĂ ȘI GREUTATEA. Să revenim la Huygens și la descoperirea sa esențială, acea a *legilor forței centrifuge*. Se pare că el a fost îndemnat la cercetări în acest domeniu, pe de o parte, de lectura lui Galilei și a lui Descartes, iar pe de altă parte, de preocuparea practică de a construi un ceasornic cu pendul conic.

Huygens se va limita să publice la sfîrșitul marelui său tratat *Horologium oscillatorium* (1673) enunțul celor treisprezece propoziții asupra forței centrifuge. Și totuși el a scris în 1659 un tratat *De vi centrifuga*, care va apărea însă abia după moartea lui, în 1703.

Pentru a studia tendința (*conatus*) centrifugă a unui corp atașat de o roată care se învîrtește, Huygens recurge la un adevărat *reper mobil* legat de roată.

Considerații de geometrie pură arată că un asemenea corp, eliberat într-un punct A al roții (și care se va deplasa în consecință pe tangentă), descrie *la începutul* acestei mișcări în raport cu punctul A (care se învîrtește împreună cu roata) spații care cresc proporțional cu pătratele numerelor întregi: 1, 4, 9, 16,...Tendința unui corp atașat de o roată care se învîrtește este deci aceeași ca în cazul cînd acest corp ar înainta urmînd raza unei mișcări uniform accelerate. De aici decurg legile cantitative ale forței centrifuge (*vis centrifuga*), care , considerată în reperul care se învîrtește, este pentru Huygens o forță tot atît de reală ca și greutatea.

ÎN CĂUTAREA UNUI PRINCIPIU AL CONSERVĂRII. „Prea savantul Mersenne — scrie Huygens în *Horologium oscillatorium* — mi-a propus cîndva — ca și multor altora — pe cînd eram încă aproape copil, să mă ocup de cercetarea centrelor de oscilație sau de agitație."

Punctul de plecare al lui Huygens în această cercetare va fi principiul lui Torricelli generalizat pentru un număr oarecare de corpuri grele. Cu alte cuvinte, în toate cazurile de oscilație în vid, centrul de greutate al sistemului se ridică exact pînă la înălțimea de la care a coborît. Afară de aceasta, Huygens admite că în orice ciocnire elastică se conservă ceea ce Leibniz va numi *forță vie*. Aceste considerații energetice, mult mai simple decît calea urmată de Descartes și Roberval, îi vor permite lui Huygens, după ce va studia cu atenție sisteme din ce în ce mai complicate, să rezolve această problemă în întreaga ei generalitate, și anume încă din anul 1664, judecînd după manuscrisele pe care le-a lăsat. Huygens nu se va bucura de sprijinul unanim al contemporanilor săi și va angaja, în legătură cu acest subiect, o polemică cu abatele Catelan, cu Jacques Bernoulli și cu marchizul de L'Hôpital.

Huygens, care în întreaga sa operă de mecanician „îl confirmă și-l extinde pe Galilei", reia demonstrația legilor căderii corpurilor grele, făcînd să intervină, în fiecare moment indivizibil al timpului, compunerea vitezei dobîndite și a căderii momentane a corpului greu.

TEORIA PENDULULUI. Cu ajutorul acestor legi, Huygens elaborează teoria pendulului. Ca și Mersenne, el știe că, în pofida afirmației lui Galilei, izocro-

nismul oscilațiilor pendulului circular se limitează la oscilațiile mici. Huygens caută să determine durata coborîrii pendulului și s-o compare cu durata căderii libere. Folosind metoda indivizibilelor, Huygens înlocuiește arcul de cerc descris de pendul printr-o parabolă osculatoare în punctul cel mai jos[7]. El obține astfel perioada oscilațiilor mici ale pendulului.

Dar nici ca geometru, nici ca ceasornicar, Huygens nu este satisfăcut de acest rezultat. El dorește un pendul izocron, *oricare ar fi amplitudinea*. Pentru aceasta este nevoie ca un punct oarecare să fie situat în mod riguros pe parabolă; aceasta îl conduce la înlocuirea pendulului circular cu *pendulul cicloidal*, și la elaborarea teoriei complete a acestuia. Totodată el construiește ceasornice cicloidale (1657).

RELATIVITATEA MIȘCĂRII: ÎNTRE GALILEI ȘI NEWTON. În tot cursul activității sale, Huygens nu a încetat să mediteze la tema carteziană a relativității mișcării. Astfel, el începe prin a opune relativității referitoare la o translație rectilinie și uniformă (ceea ce el numea *mișcare dreaptă*) caracterul intrinsec al mișcării circulare: „mișcarea dreaptă care are loc între diverse corpuri nu este decît relativă; cu cea circulară lucrurile stau altfel, deoarece ea are criteriul său (κριτήριον) pe care mișcarea dreaptă nu-l are". Acest criteriu era în mod evident pentru Huygens tensiunea unui fir sub acțiunea forței centrifuge a unui corp legat de acest fir.

Mai tîrziu, după ce ia cunoștință de lucrarea lui Newton *Principiile*, și parese în opoziție cu absolutele newtoniene, Huygens va reveni în problema relativității la teza carteziană:

„Nu se poate concepe în nici un fel mișcarea adevărată și naturală a unui corp întreg ca fiind deosebită de repausul acestui corp... În mișcarea circulară, la fel ca și în mișcarea liberă și dreaptă, totul este relativ."

Opera lui Huygens este veriga esențială dintre Galilei și Newton. Ea oferă primul exemplu al unei științe în întregime eliberate de prejudecățile scolasticii. Huygens este un fizician autentic. Oricît de scrupulos s-ar ocupa cu observarea faptelor, el nu concepe experiența decît în serviciul rațiunii.

F. ȘCOALA ENGLEZĂ DE LA DESCARTES LA NEWTON

În jurul anului 1650, filozofia carteziană căpătase deja o largă răspîndire în Anglia. Totuși curentul de idei care domnește în această țară diferă mult de cel de pe continent: el este în același timp mai materialist și pătruns de o tendință mai experimentală, dar și mai teologic.

Hobbes apare drept campion al mecanicismului integral, respingînd elementele de spiritualitate, cel puțin aparente, conținute în tezele lui Descartes.

[7] Vezi, de asemenea, studiul lui J. Itard, p. 249.

Omul poate fi explicat în termeni de mecanică. Percepţia se datorează conflictelor a două eforturi sau *conatus*, dintre care unul, exterior, provine de la obiect, în timp ce celălalt ia naştere în noi. Ciocnirea face să apară un *phantasm*, identificat de Hobbes cu actul însuşi al percepţiei.

Spaţiul însuşi este un *phantasm* în care noi nu vedem un alt caracter decît faptul că apare în afara noastră. Realitatea corespunzătoare este *întinderea*, caracteristică esenţială a corpurilor.

În natură există mişcare, dar nu există timp, acesta fiind o simplă fantomă întemeiată pe memorie şi pe anticipare.

Mişcarea nu poate fi un efect spontan: un corp nu poate trece de la repaus la mişcare fără ca un alt corp care-l atinge să nu acţioneze asupra lui.

Hobbes este de acord cu Descartes în ceea ce priveşte negarea vidului şi umplerea întregului spaţiu cu eter.

Henry More, platonic din Cambridge, susţine, în opoziţie cu materialismul lui Hobbes, realitatea şi eternitatea substanţelor spirituale. Combătîndu-l pe Descartes, deşi îl consideră primul gînditor al secolului, el refuză să identifice materia cu întinderea. În sfîrşit, într-o măsură mult mai mare decît Descartes, el menţine necesitatea unei concepţii religioase asupra originii şi direcţiei constante a Lumii; este ceea ce el numeşte *the spirit of nature*, exponent al puterii lui Dumnezeu asupra materiei.

More este convins de existenţa unui *spaţiu absolut*, omogen şi imuabil, care reprezintă cadrul necesar al mişcărilor. Acest spaţiu este o substanţă spirituală căreia More îi atribuie, ca şi lui Dumnezeu, următoarele atribute: „Unic, simplu, imobil, etern, perfect, independent, avînd calitatea de a exista şi de a subsista prin sine, inalterabil, necesar, imens, necreat, nelimitat, nemărginit, omniprezent, necorporal, avînd virtutea de a pătrunde şi de a cuprinde toate lucrurile, esenţial, actual, realitate pură".

Cu Robert Boyle ajungem la o fizică mai concretă. Considerîndu-i în acelaşi timp pe Descartes şi pe Gassendi ca profesorii săi, fără să-i pese ded isputele dintre ei, Boyle este atomist, şi profesează o *fizică corpusculară*, de altfel conformă principiilor carteziene. El admite existenţa în univers a două eteruri diferite, dintre care unul transmite acţiunile mecanice în maniera particulelor lui Descartes, iar celălalt acţiunile magnetice în maniera lui Gilbert.

Pe Boyle nu-l satisfac numai cauzele eficiente. Ştiinţa experimentală este neputincioasă să ne ofere o explicaţie a lucrurilor, care trebuie căutată în afara mecanicismului: este necesar să facem apel la un Autor inteligent, care să dispună de toate lucrurile.

În timp ce, în şcoala engleză a epocii, nimic nu ne anunţă încă legile pozitive ale mecanicii lui Newton, metafizica, de care el va face uz, este deja schiţată, dacă nu chiar fixată.

G. ISAAC NEWTON

Opera lui Newton, care avea să deschidă dinamicii cîmpul sistemului lumii, este rodul unei extraordinare forțe de abstracție în serviciul gîndirii fizice.

CONCEPTELE NEWTONIENE ȘI LEGILE MECANICII. Lucrarea *Philosophiae naturalis principia mathematica*, publicată la Trinity College (Cambridge), în ziua de 8 mai 1686, începe cu definiții și axiome sau legi ale mișcării care constituie primul cod folosit de știința mecanică.

Noțiunea de masă apare aici sub denumirea de „cantitatea de materie". Cu ajutorul acestui concept, Newton eliberează corpurile de toate proprietățile străine fizicii sale matematice. În schimb, el își rezervă folosirea ipotezei eterului pentru a mecaniza toate problemele pe care nu le poate lega de noțiunea de masă.

Cantitatea de mișcare se definește ca produs al masei prin viteză. *Vis insita*, cantitate proporțională cu masa, exprimă inerția materiei. *Vis impressa* este acțiunea prin care poate fi schimbată starea unui corp care se află fie în repaus, fie în mișcare rectilinie și uniformă.

Vis impressa poate fi produsă prin ciocnire, prin presiune sau prin *vis centripeta*. Aceasta din urmă est forța care face ca un corp să tindă spre un centru. Este o acțiune la distanță, în timp ce primele două moduri sînt acțiuni de contact.

Newton face, de asemenea, distincție între cantitățile absolute, cea acceleratoare și cea motoare a forței centripete. În legea fundamentală a mișcării intervine cantitatea motoare.

Fie că e vorba de *timp*, de *spațiu*, de *loc* sau de *mișcare*, Newton cere să se facă distincție în legătură cu aceste concepte între absolut și relativ, adevărat și aparent, matematic și vulgar. Absoluturile newtoniene, timpul și spațiul, sînt absoluturile Școlii de la Cambridge; este spațiul absolut în accepția lui Henry More și, într-o măsură și mai directă, timpul absolut în accepția lui Isaac Barrow.

Alături de timpul absolut, Newton introduce timpul relativ, aparent și vulgar, și alături de spațiul absolut, spațiul relativ, care este de aceeași natură ca și spațiul absolut, dar poate să difere de acesta „prin număr".

Mișcarea este pentru Newton translația unui corp dintr-un loc în altul; ea este absolută, dacă locurile considerate sînt absolute și relativă dacă aceste locuri sînt relative.

Pentru a ajunge la mișcarea *adevărată și absolută* a unui corp, Newton compune mișcarea (relativă) acestui corp în locul (relativ) în care-l considerăm cu mișcarea (relativă) acestui loc însuși într-un alt loc unde el este plasat ș.a.m.d., din aproape în aproape pînă se ajunge la un loc *imobil*, adică la reperul mișcărilor absolute.

Astfel, *mișcările aparente* sînt diferențe ale mișcărilor adevărate, în timp ce forțele sînt cauzele și efectele mișcărilor adevărate. Forța este astfel dotată cu un caracter absolut.

Newton adoptă practic ca reper absolut niște axe centrate pe Soare și îndreptate spre stelele fixe. În acest cadru, mișcarea circulară absolută este o *mișcare adevărată*, concluzie pe care, după cum am văzut, Huygens o va respinge.

Prima lege a mișcării enunțată de Newton este *legea inerției;* orice corp își păstrează starea de repaus sau de mișcare uniformă în care se găsește, dacă o forță nu-l constrînge să schimbe această stare.

A doua lege afirmă că schimbările care intervin în cantitatea de mișcare sînt proporționale cu forța motrice și se produc în direcția acestei forțe; dacă m este masa, $\vec{v}$ viteza, $\vec{F}$ forța, t timpul, această lege se scrie în notație modernă: $\mathrm{d}\,(\vec{mv}) = \vec{F}\,\mathrm{d}t$.

A treia lege constă în principiul egalității acțiunii și a reacțiunii în acțiunile reciproce a două corpuri. În cazul acțiunilor de contact, această lege este banală; Newton o extinde însă asupra acțiunilor la distanță.

Newton îl omagiază pe Galilei pentru primele două legi ale mișcării. În domeniul legilor ciocnirii, el citează ca predecesori pe Wren, Wallis, Huygens și Mariotte. Newton însuși efectuează experiențe minuțioase asupra ciocnirii a două pendule, pentru a verifica egalitatea acțiunii și a reacțiunii, fără a exclude ciocnirile imperfect elastice în care viteza relativă nu se conservă decît cu un coeficient apropiat (*coeficientul de restituire* al lui Newton).

MECANICA ȘI SISTEMUL LUMII AL LUI NEWTON. Cu ajutorul acestor concepte și al acestor legi, Newton expune în *Principiile* sale o abundență extraordinară de demonstrații matematice, concepute în stil geometric, deși instrumentul descoperirii a fost adesea calculul fluxiunilor.

Nu putem să analizăm detaliat marea operă a lui Newton. În Cartea I Newton demonstrează că, în mod absolut general, mișcarea unui punct sub acțiunea unei forțe centrale este plană și se desfășoară după legea ariilor, lege care fusese stabilită de Kepler în cazul excentricelor circulare și extinsă asupra elipsei: raza care unește punctul material cu centrul forței descrie arii egale în timpuri egale. El determină apoi, printr-un raționament geometric foarte simplu și foarte direct, legea forței centrale după care poate fi descrisă o curbă dată.

În particular, dacă curba este o elipsă, și dacă centrul de forță ocupă un focar al acestei elipse, forța este invers proporțională cu pătratul distanței la centru.

Mișcarea corpurilor cerești se integra astfel pentru prima dată într-o dinamică precisă.

Această carte conține, de asemenea, teoremele asupra atracției sferelor, care permit reducerea cazului unui corp sferic omogen sau format din straturi concentrice omogene la cazul punctului material.

În Cartea a II-a, Newton se ocupă de mișcarea unui corp într-un mediu rezistent, rezistența fiind proporțională fie cu viteza, fie cu pătratul vitezei. El schițează teoriile rezistenței fluidelor, reținînd proporționalitatea acesteia cu pătratul vitezei. Caută apoi solidul de revoluție cu cea mai mică rezistență, avînd în vedere aplicarea soluției la construcțiile navale. Studiază viteza de propagare a undelor, anticipîndu-l prin aceasta pe Laplace. El face o distincție netă între conceptele de fluid perfect incompresibil, fluid vîscos (dînd și o defi-

niție precisă a tensiunii de viscozitate) și fluid compresibil. Newton merge foarte departe cu studiul curbei balistice și demonstrează, într-o manieră directă, remarcabilă, existența unei asimptote la această curbă, oricare ar fi puterea vitezei cu care este proporțională rezistența.

Cartea a III-a tratează despre sistemul lumii. Ea începe (ediția a II-a publicată în 1713) cu *Reguli de filozofare*, continuă cu *Fenomene* (care sînt observații astronomice), își expune apoi *Propozițiile* și se încheie cu *Scolia generală*, care exprimă teologia autorului și conține faimoasa declarație: *hypotheses non fingo*.

Newton studiază în această carte mișcarea sateliților în jurul unei planete și a planetelor în jurul Soarelui pe baza atracției universale. El arată cum se pot deduce de aici rapoartele dintre masele planetelor și masa Pămîntului. El evaluează densitatea Pămîntului, situînd-o între 5 și 6 (valoarea admisă astăzi este de 5,5), cît și masa Soarelui și acea a planetelor care au sateliți. Calculează, de asemenea, turtirea Pămîntului, găsind valoarea de 1/230, față de 1/297, admisă astăzi. Dă primul calcul care explică precesia echinocțiilor, studiază variația accelerației gravitației o dată cu latitudinea, atrage atenția asupra principalelor neregularități ale mișcării Lunii, datorate atracției Soarelui și schițează bazele teoriei mareelor. În sfîrșit, arată că traiectoria cometelor se explică prin atracția Soarelui și precizează cum se pot calcula circumstanțele reapariției acestora. În ansamblul lor, aceste descoperiri, care trasează dezvoltarea ulterioară a întregii mecanici cerești, au ceva cu adevărat miraculos.

FILOZOFIA ȘTIINȚIFICĂ A LUI NEWTON. Să revenim pentru un moment la *Regulile de filozofare* plasate de Newton la începutul Cărții a III-a a lucrării sale.

Primele două reguli nu fac decît să limiteze numărul cauzelor care trebuie luate în considerare pentru explicarea fenomenelor.

Regula III are drept obiect validarea analogiei generalizatoare care constă în a atribui tuturor corpurilor în general calitățile care aparțin tuturor corpurilor cu care s-a putut experimenta. În virtutea acestei reguli, Newton justifică, prin analogie cu gravitația terestră, cu gravitația Lunii spre Pămînt etc., introducerea prin inducție a *gravitației universale*. Din pricina variațiilor gravitației cu distanța nu face însă din ea o proprietate esențială a materiei.

Regula IV exprimă faptul că propozițiile deduse prin inducție din fenomene pot fi oricînd revizuite prin noi experiențe, dar nu pe baza unor simple ipoteze contrare.

Pus în gardă de obiecțiile care i s-au adresat în legătură cu teoria sa a culorilor și temîndu-se cu drept cuvînt de obiecțiile cartezienilor în legătură cu sistemul său al lumii, Newton reclamă aici o libertate controlată doar de experiență.

În mod și mai explicit, în *Scolia generală* cu care se termină *Principiile* (începînd cu ediția a II-a), Newton va declara că nu a vrut să plăsmuiască ipoteze:

„Pînă acum am expus fenomenele cerurilor și ale mării noastre prin forța gravitației, dar încă nu am dat cauza gravitației...

Dar pînă acum nu am putut încă afla cauza acestor proprietăți ale gravitației și *nu imaginez ipoteze*. Căci orice nu se deduce din fenomene trebuie numit ipoteză: și

ipotezele fie metafizice, sau fizice, sau ale calităţilor oculte, sau mecanice în filozofia experimentală nu au loc.

În această filozofie propoziţiile se deduc din fenomene şi devin generale prin inducţie[8]".

În pofida acestei declaraţii pozitiviste, i s-a întîmplat lui Newton chiar şi în *Principii* să se abată de la deviza *hypotheses non fingo* şi de la regulile pe care el însuşi le-a impus oricărei inducţii şi oricărei analogii generalizatoare. Iată un exemplu:

„Vaporii care provin din Soare şi din stelele fixe şi din cozile cometelor pot cădea, din cauza gravitaţiei lor, în atmosferele planetelor, şi acolo să se condenseze şi să se transforme în apă şi în esenţe umede, şi apoi prin căldură latentă să se prefacă cu încetul în săruri, în sulfuri şi tincturi, şi nămol, şi lut, şi argilă, şi nisip, şi pietre, şi corali, şi alte substanţe terestre[9]".

Atitudinea *hypotheses non fingo* are la Newton caracterul unei retrageri tactice. Dezgustat de polemicile pe care a trebuit să le susţină în domeniul opticii, Newton a vrut să prevină orice discuţie cu riscul de a-şi restrînge publicul — dînd fizicii sale, pe o bază experimentală solidă, un limbaj exclusiv matematic.

În acest fel, „lumea exterioară devenea o lume dură, rece, lipsită de culori, tăcută şi moartă, o lume a cantităţii, o lume de mişcări înzestrate cu o regularitate matematică. Lumea calităţilor percepute în mod nemijlocit de om era împinsă la rangul unui efect minor al acestei imense maşini". (E.A.Burtt, *The Metaphysical Foundations of Modern Physical Science*).

Triumful fizicii pur matematice a lui Newton, eliberarea ei de intuiţia care i-a dat naştere, golirea absoluturilor newtoniene de conţinutul lor metafizic şi teologic, eliminarea cauzelor finale pe care Newton le invocase, uitarea tuturor formelor şi tuturor funcţiilor cu care el a înzestrat eterul optic şi eterul gravific, trecerea sub tăcere a rolului pe care el îl atribuia atracţiei ca principiu activ atît pe scara universului, cît şi pe scara atomică, acceptarea fără ezitare a acţiunilor la distanţă care străbat instantaneu marile spaţii vide şi ajung să facă din gravitaţia universală o dogmă, toate acestea au devenit o tradiţie care se bucură de o largă răspîndire, dar care reduce la o interpretare prea simplă complexitatea edificiului newtonian[10].

De fapt, Newton a fost un adevărat vizionar care n-a încetat, în tot cursul activităţii sale, să mînuiască ipoteza cu o imaginaţie dintre cele mai vii şi dintre cele mai îndrăzneţe. Lui Newton din *Principii* care nu voia să ofere altora decît certitudini matematice i se opune Newton din *Opticks*, mult mai transparent şi mult mai explicit în ceea ce priveşte imaginile care au servit ca suport gîndirii sale creatoare.

[8] ISAAC NEWTON, *op. cit*, p. 418.
[9] *Ibidem*, p. 415.
[10] Pentru o analiză mai precisă, vezi R. DUGAS, *La mécanique au XVIIe siècle*, Neuchâtel et Paris, 1954; A. KOYRÉ, *Du monde clos à l'Univers infini* (Paris, 1962) şi *Études newtoniennes* (Paris, 1968).

Gîndirea fizică a lui Newton se îmbina cu o teologie în privința căreia trebuie să spunem cîteva cuvinte, cu atît mai mult cu cît Newton a avut la început mai mulți adepți pe acest teren decît pe terenul fizicii matematice.

Ordinea care domnește în sistemul lumii este opera unei Ființe atotputernice și inteligente. Dumnezeu este în mod substanțial prezent pretutindeni și totdeauna. Nu-l cunoaștem decît prin structura excelentă a lucrurilor și prin cauzele finale. Diversitatea care domnește în toate cu schimbarea timpului și a locului nu poate proveni decît de la voința și înțelepciunea divină.

Înțelegerea umană nu este decît o reflecție infinitezimală a conștiinței divine și în *Opticks*, Newton merge pînă la a face din spațiul infinit un *sensorium*, în care Dumnezeu percepe și înțelege toate lucrurile, nemijlocit prezente pentru el.

Armonia sistemului lumii este rezultatul unei intenții deliberate, unei alegeri și nu al întîmplării. Nici o cauză naturală nu ar fi suficientă pentru a o institui.

NEWTON ÎMPOTRIVA LUI DESCARTES. Newton își dădea seama că-i vor fi opuse tezele mecanicismului cartezian. A căutat deci să preîntîmpine obiecțiile. El demonstrează astfel imposibilitatea de a deduce cantitativ legea a treia a lui Kepler, dacă se presupune că planetele sînt transportate prin vîrtejuri, ce-i drept, admițînd că acțiunile reciproce ale straturilor de vîrtejuri urmează legile fluidelor vîscoase.

Newton punea mare preț pe această argumentare polemică:

„De aici este evident, spune el în Scolia cu care încheie Cartea a II-a a *Principiilor*, că planetele nu sînt antrenate de vîrtejuri materiale... Așadar ipoteza vîrtejurilor este cu totul în contrazicere cu fenomenele astronomice, și conduce nu atît la explicarea, cît la încurcarea mișcărilor cerești. Însă în cel fel se întîmplă aceste mișcări în spațiile libere fără vîrtejuri se poate înțelege din Cartea I. Și va fi și mai bine explicat în Cartea a III-a[11]".

În altă parte, (*Opticks*, Query 28), Newton stabilește, în mod mai general, imposibilitatea mișcărilor în *plinul* lui Descartes.

„Pentru a explica mișcările regulate și permanente ale planetelor și ale cometelor, este necesar să golim cerul de orice materie, cu excepția poate doar a unor vapori foarte rari, niște efluvii care se ridică din atmosfera Pămîntului, a planetelor și a cometelor și dintr-un mediu eterat extrem de rar... Un fluid dens nu poate servi de loc pentru explicarea fenomenelor naturii... Un astfel de mediu nu poate servi decît la perturbarea și întîrzierea mișcărilor corpurilor mari, făcînd să îngheațe cadrul naturii; iar în porii care există în corpuri, el nu poate servi decît pentru a opri vibrațiile părților lor, în care rezidă căldura și activitatea lor. Și întrucît el nu servește la nimic și împiedică operațiile naturii neputînd decît s-o slăbească, nu există nici o dovadă a existenței sale și prin urmare trebuie să-l respingem."

[11] ISAAC NEWTON, *op. cit.*, p.311.

Newton combate, de asemenea, conservarea mișcării în accepția lui Descartes. În argumentarea sa, el comite greșeala — poate voluntară — de a calcula aritmetic cantitățile de mișcare, așa cum făcea de altfel Descartes, în loc de a le orienta. Iată concluzia sa:

„Văzînd varietatea, mișcările mereu descrescătoare pe care le găsim în lume, ne dăm seama de necesitatea de a conserva și de a întări mișcarea printr-un *principiu activ*, cauză a greutății, prin care corpurile dobîndesc viteze mari în cădere și cauză a frămîntării prin care inima și sîngele ființelor însuflețite se află în continuă mișcare, părțile interne ale Pămîntului sînt menținute în permanență calde, la o temperatură uneori foarte ridicată, corpurile ard și radiază, munții iau foc, peșterile Pămîntului explodează, iar Soarele continuă să încălzească toate lucrurile cu lumina lui. Căci nu întîlnim decît puține mișcări în această lume care să nu fie efecte ale principiilor active. Și în lipsa unor asemenea principii, corpurile de pe Pămînt, planetele, cometele, Soarele și toate lucrurile ar deveni reci și înghețate și s-ar schimba în mase inerte; și viața ar înceta, cu întreaga ei putrefacție, generație și vegetație iar planetele și cometele ar părăsi orbitele lor" (*Opticks*, Query 31).

Oricît de amăgitoare este adesea mecanica lui Descartes și oricît de solidă este cea a lui Newton, trebuie să recunoaștem că acest tablou reprezintă un regres față de teza carteziană asupra conservării mișcării și că intervenția constantă a principiilor active pare să ignoreze orice energetică.

Dreptatea cere să menționăm că Newton pare să fi corectat această judecată. Într-adevăr, dacă el menține alături de Descartes afirmația că lumea nu a putut să iasă din haosul inițial numai prin acțiunea legilor naturii, el va admite că ea poate să-și continue existența „timp de veacuri" conform acestor legi.

Newton nu putea să ignoreze condamnarea proprietăților oculte de către cartezieni. De aceea, el ține să afirme că atracțiile, așa cum le înțelege el, sînt proprietăți „manifeste":

„Nu consider, spune el [principiile active, cum este acela al greutății], ca niște proprietăți oculte presupuse a proveni din forma specifică a lucrurilor, ci ca niște legi generale ale naturii prin care sînt formate lucrurile înseși: adevărul lor ne apare prin fenoneme, deși cauzele lor nu au fost încă descoperite. Căci aceste principii sînt calități manifeste și numai cauzele lor sînt oculte" (*Opticks*, Query 31).

Scriindu-i lui Bentley, primul său adept religios, Newton se teme că acesta va aluneca pînă la a face din greutate o calitate în sens scolastic:

„Vorbiți uneori de greutate ca de ceva esențial și inerent materiei. Vă rog să nu-mi atribuiți această noțiune; căci eu nu pretind să cunosc cauza greutății și aș avea nevoie de mai mult timp pentru a o considera".

PRIMIREA FĂCUTĂ LUI NEWTON PE CONTINENT. Știința lui Newton era întîmpinată de o lume carteziană foarte puțin dispusă s-o accepte și de cele mai multe ori incapabilă s-o urmeze. Era epoca în care Fontenelle populariza vîrtejurile lui Descartes în frumoasele sale *Entretiens sur la pluralité des mondes*.

Criticul din „Journal des Savants" care analizează *Principiile* lui Newton, deși omagiază perfecțiunea acestei mecanici, o consideră ca fiind lipsită de valoare fizică și este de părere că ea nu satisface condițiile necesare pentru înțelegerea universului.

Un neajuns cardinal în ochii cartezienilor: substituind atracția, simplelor acțiuni de contact, impulsurilor, Newton restabilea una dintre acele proprietăți pe care secolul le condamnase.

O minte atît de luminată ca cea a lui Huygens va prefera să se adapteze vîrtejurilor lui Descartes decît să accepte atracția și absoluturile newtoniene.

Lectura *Principiilor* îl convinge pe Huygens, care înainte avea serioase îndoieli în această privință, de valabilitatea legilor lui Kepler și de necesitatea de a respinge vîrtejurile așa cum erau înțelese de Descartes. Dar doctrina mecanicistă trebuie corectată, și Huygens scrie în însemnările sale:

„Vîrtejurile sînt distruse de Newton. Vîrtejuri ale mișcării sferice în locul lor. De corectat ideea vîrtejurilor.

Vîrtejurile sînt necesare, deoarece Pămîntul ar fugi de la Soare; dar se află la depărtare unele de altele, nu se ating ca cele ale domnului des Cartes".

Acesta este obiectul lucrării lui Huygens *Discours sur la cause de la pesanteur*, anexată la *Traité de la lumière* în ediția de la Leiden (1690). În acest memoriu, în care Huygens dezvoltă modelul său mecanic al greutății, se simte regretul că autorul lui nu a putut să-l anticipeze pe Newton, deoarece nu a îndrăznit să extrapoleze greutatea asupra Lunii și a Soarelui, ceea ce ar fi fost posibil în virtutea legilor cantitative legate de *Vis centrifuga*.

Cît despre Leibniz, pentru a explica, potrivit concepției sale, mișcarea planetelor, el va îmbina circulația unui fluid, forța centrifugă și atracția. Huygens îi va atrage atenția că acest arsenal este prea încărcat, deoarece legea proporționalității inverse a pătratelor adăugată la virtutea centrifugă este suficientă pentru a da elipsele lui Kepler.

H. GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ

Leibniz debutează în mecanică prin *Theoria motus abstracti* (1671), teorie pur rațională, care se bazează pe noțiunea de *conatus*, în sensul lui Hobbes. În această lucrare, Leibniz susține părerea paradoxală că un *conatus*, oricît de slab ar fi el, se bucură de proprietatea de a se propaga la infinit *în plin*, și de a se transmite oricărui obstacol imobil oricît de mare. Fiind confruntată cu experiența, această teorie nu dădea în nici un caz rezultate satisfăcătoare.

Theoria motus concreti sau *Hypothesis physica nova* are drept obiectiv tocmai rezolvarea opoziției dintre fizica concretă și mișcarea abstractă. Eterul care umple — după Leibniz — tot spațiul este, în același timp, agentul greutății și al mișcărilor sistemului solar, cît și al elasticității, proprietate universală a corpurilor sensibile.

În 1686, Leibniz dezlănţuie atacul pe care-l pregătea de multă vreme împotriva legii carteziene a conservării cantităţii de mişcare. *Vis motrix* nu se măsoară prin produsul dintre „corp" şi viteza sa, ci prin efectul pe care ea poate să-l producă, de pildă, înălţimea la care ea poate să ridice un corp greu. Potrivit legilor lui Galilei, *forţa* în accepţia lui Leibniz este proporţională cu pătratul vitezei. Această forţă, pe care Leibniz o va numi *forţă vie* (în opoziţie cu forţa statică sau *forţa moartă*), se conservă singură în natură, aşa cum a arătat-o Huygens.

Într-o scrisoare adresată lui Arnauld la 28 noiembrie 1686, Leibniz deschide în felul acesta *disputa forţelor vii*, care va dura peste treizeci de ani şi se va alimenta, în esenţă, din exemple legate de ciocnirea corpurilor.

Cartezienii susţineau că suma cantităţilor de mişcare se conservă în ciocnire. Adepţii lui Leibniz contestau această afirmaţie şi declarau că, în cazul ciocnirii, ceea ce se conservă este suma forţelor vii. Această dispută s-a desfăşurat mult timp sub forma unei polemici în jurul cuvintelor, deoarece ambele părţi erau de acord asupra aceloraşi legi ale ciocnirii şi greşeau în egală măsură; cartezienii ar fi trebuit să orienteze în mod corect cantităţile de mişcare, iar leibnizienii să limiteze conservarea forţelor vii numai la cazul corpurilor perfect elastice.

Leibniz a introdus, de asemenea, în mecanică — într-un mod pur nominal — conceptul de *acţiune motoare*, pe care înţelegea s-o substituie cantităţii de mişcare. Această acţiune se măsoară în cazul mişcării uniforme prin produsul mvs al masei, vitezei şi al spaţiului parcurs. Leibniz atribuie acestei acţiuni motoare un caracter absolut şi consideră conservarea ei drept o lege a naturii. El face, de asemenea, distincţie între *efectul formal* al acestei acţiuni, simplu transfer care poate fi exprimat prin ms, şi vigoarea sau velocitatea (v) cu care se produce acest efect formal.

Dar meritul esenţial al lui Leibniz în mecanică este faptul că a ştiut, spre binele calculului diferenţial şi integral, să arunce pentru prima dată o punte între dinamică şi statică, făcînd *să se nască forţa vie dintr-o infinitate de împingeri continue ale forţei moarte* (*sau forţei statice*). Leibniz a căutat şi a găsit în această lege satisfacţii metafizice: introducerea unui „absolut", forţa vie (care în fond nu este decît un remarcabil invariant cinematic), respectarea principiului continuităţii şi, în sfîrşit, o perfectă ecuaţie între cauza plenară şi efectul întreg.

Mecanica lui Leibniz se înscrie într-o metafizică care atribuie mişcării o realitate eminentă legată de activitatea şi de spontaneitatea oricărei substanţe, căreia nu i se întîmplă nimic care să nu se nască din ea însăşi, şi aceasta, datorită armoniei prestabilite, fără conflict cu alte substanţe.

Leibniz combate, în acelaşi timp, existenţa vidului prin argumente exclusiv metafizice şi teologice, cît şi a atomilor în numele principiului continuităţii; toate acestea fără a accepta întinderea carteziană; căci, în ochii lui Leibniz, întinderea nu este decît un simplu atribut, care exprimă o stare prezentă, neputînd fi izvorul unei acţiuni sau al unei schimbări, în timp ce noţiunea de substanţă trebuie să cuprindă întregul ei trecut şi întregul viitor. În sfîrşit, Leibniz pledează, în opoziţie cu absoluturile newtoniene, pentru relativitatea

integrală a fenomenelor mișcării și de aici pentru echivalența ipotezelor astronomice.

BILANȚUL SECOLULUI AL XVII-LEA. Zadarnic am vrea să schematizăm o gîndire atît de complexă, ca cea a fondatorilor mecanicii; mesajul colectiv pe care ni l-a lăsat secolul al XVII-lea trebuie căutat — și sperăm că am arătat acest lucru — în focul unei lupte care se dădea neîncetat. Marii gînditori ai secolului nu s-au limitat să lupte împotriva Școlii, ei au luptat între ei cu tot atîta îndîrjire, dacă nu chiar cu una mai mare, fie direct, fie prin intermediul adepților lor. În secolul al XVII-lea, mecanica nu este încă decît o disciplină în căutarea propriilor sale principii, în căutarea metodei sale și a axiomelor sale elementare. Era inevitabil ca nașterea ei să fie legată de dezbateri metafizice. Separarea dintre gîndirea metafizică și ansamblul mai modest al pîrghiilor necesare și suficiente pentru exercițiul științei pozitive n-a fost posibilă decît tîrziu. Am făcut loc într-o măsură largă gîndirii metafizice, și acest lucru era necesar. Astăzi se manifestă prea mult tendința de a ignora problemele fundamentale și eterne. Am încercat să degajăm și pîrghiile științei pozitive. Ele constau în precizia progresivă a conceptelor și a vocabularului, în afirmarea unei analize matematice care determină și folosește totodată progresele instrumentului matematic, coordonarea problemelor particulare care au preocupat atît de mult pe savanții acestui secol în cadrul aceluiași tip de structură. Putem considera că, la sfîrșitul secolului, o dată cu Huygens, Leibniz, Newton, prin știința mișcării a fost atins, pe căi diferite, planul inteligibilității superioare și raționale la care aspira Galilei. Nu rămîne, de fapt, decît de organizat și de valorificat.

CAPITOLUL III

Vîrsta de aur a astronomiei de observaţie

În astronomie, secolul al XVII-lea a fost o epocă de progrese extraordinare. Din observaţiile acumulate de Tycho Brahe, spirit în acelaşi timp profund şi înzestrat cu imaginaţie, Kepler va şti să deducă expresia unor legi de o uimitoare simplicitate şi care dau tonul ştiinţei moderne. Galilei va folosi luneta pentru a observa cerul. Curînd după aceasta se va deschide o eră de descoperiri variate şi avînd toate o valoare esenţială, care vor contribui la pregătirea marii sinteze newtoniene. Aceasta va fi vîrsta de aur a observatorilor; instrumentul cel mai modest scoate la iveală în această epocă aspecte nebănuite ale universului.

Cutezătoarele concepţii ale lui Copernic vor fi astfel confirmate şi completate. Rămăşiţele scolastice vor fi puţin cîte puţin înlăturate. Se descoperă noi corpuri cereşti. Dar luneta nu este numai un instrument de contemplare; ea poate să devină şi un instrument de măsurat. Geografia, navigaţia, geodezia, întreaga fizică vor profita de pe urma acestor progrese ale astronomiei şi ale aparaturii ei tot mai perfecţionate. Devine posibilă sinteza legilor universului, şi geniul matematic al lui Newton va şti foarte curînd s-o formuleze.

Importanţa şi profunzimea acestor progrese apar pînă şi în detaliile vieţii astronomilor. La începutul secolului, Kepler a recurs la comerţul de almanahuri şi la unul mai puţin onorabil — comerţul cu prevestirile astrologice, pentru a putea face faţă nevoilor sale. În 1675, Carol al II-lea acordă o pensie primului „astronom regal" al Angliei, încredinţîndu-i misiunea de a lucra la determinarea precisă a longitudinilor pentru serviciul navigaţiei. La Paris, Colbert hotărăşte să instaleze noua Academie de Ştiinţe în observatorul de curînd construit. Zi de zi se înmulţesc interacţiunile dintre progresul ştiinţei şi evoluţia societăţii. Două scene pot delimita, cu aproximaţie, etapa istoriei astronomiei pe care ne propunem s-o descriem: în 1610 dogele Veneţiei, invitat de Galilei, observă din campanilă sateliţii lui Jupiter; în 1671 Ludovic al XIV-lea vizitează Observatorul din Paris. Astronomia şi împreună cu ea toate ştiinţele devin fenomene esenţiale ale istoriei lumii.

A. REVOLUȚIA DE LA ÎNCEPUTUL SECOLULUÍ

URMAȘII LUI TYCHO BRAHE. Tycho Brahe moare în zorii secolului al XVII-lea (toamna anului 1601). Dar opera sa considerabilă de observator metodic va avea o infuență profundă asupra epocii care se deschide; materialul documentar pe care îl lasă ca moștenire va fi folosit vreme îndelungată; el conține, în fază potențială, concluzii care vor aștepta o formulare clară.

Kepler a reușit s-o facă, fără îndoială, mai bine decît ar fi făcut-o Tycho Brahe. Kepler și Galilei au știut să aducă în favoarea sistemului lui Copernic probele incontestabile care-i lipseau.

KEPLER. Johann Kepler, născut la 27 decembrie 1571 la Weilderstadt, în Würtemberg, și-a făcut studiile de astronomie la Tübingen, sub auspiciile copernicanului Mästlin. Ajuns „matematician provincial" al Stiriei în 1594, el publică în curînd prima sa lucrare, intitulată *Prodromus dissertationum cosmographicarum continens mysterium cosmographicum* (Tübingen, 1596). Dacă lucrările sale de mai tîrziu sînt suficiente pentru a face glorie lui Kepler, merită totuși să subliniem unele aspecte ale primei lucrări.

În primul capitol, Kepler expune diversele argumente în sprijinul abandonării sistemului lui Ptolemeu. De pildă, epiciclurile planetelor superioare, după sistemul lui Ptolemeu, sînt văzute de pe Pămînt sub un unghi egal cu cel sub care ar fi văzută orbita Pămîntului (așa cum și-o închipuie Copernic) de pe oricare dintre aceste planete; aceasta nu poate fi efectul unei coincidențe întîmplătoare. Astfel, epiciclul lui Jupiter este mult mai mic decît cel al lui Marte, iar epiciclul lui Saturn este și mai mic, în timp ce deferentele cresc în ordine inversă; acest fenomen nu-și poate găsi explicația în sistemul lui Ptolemeu. La fel stau lucrurile în ceea ce privește faptul că perioada planetelor inferioare pe deferentul lor este egală cu acea a Soarelui, cît și faptul că Soarele și Luna nu se mișcă niciodată în sens retrograd. În schimb, dacă adoptăm sistemul lui Copernic, toate aceste fenomene devin evidente. Chiar atunci cînd va întreține relații strînse cu Tycho, Kepler va rămîne un copernican convins; aceasta este ideea călăuzitoare care străbate întreaga sa operă.

Din *Prodromus* putem, de asemenea, să reținem o concepție ingenioasă care, deși inexactă, ne informează asupra gusturilor și aptitudinilor lui Kepler. Preocupat să completeze lucrările lui Copernic cu privire la distanțele relative ale planetelor, el imaginează că între cele șase sfere concentrice pe care Copernic plasează orbitele celor șase planete se intercalează poliedrele regulate de cele cinci tipuri posibile. Fiecare poliedru, înscris într-o sferă, este circumscris sferei interioare. Astfel, cubul este înscris în sfera lui Saturn și circumscris sferei lui Jupiter; urmează tetraedrul, sfera lui Marte, dodecaedrul, sfera Pămîntului, icosaedrul, sfera lui Venus, octaedrul, și, în sfîrșit, sfera lui Mercur. Kepler a rămas mult timp atașat de această curioasă idee, izvorîtă doar dintr-o coincidență întîmplătoare: existența a cinci intervale și existența a cinci tipuri de poliedre regulate. În ediția a II-a a lucrării *Prodromus*, în 1621, adică chiar după ce a enunțat a treia sa lege, el își reia prima expunere îndreptată

doar prin cîteva note. Putem vedea, așadar, în aceasta o altă idee călăuzitoare a cercetărilor sale ulterioare și un fel de pregătire obscură pentru formularea legii a III-a, această dovadă incontestabilă a abilității sale de calculator.

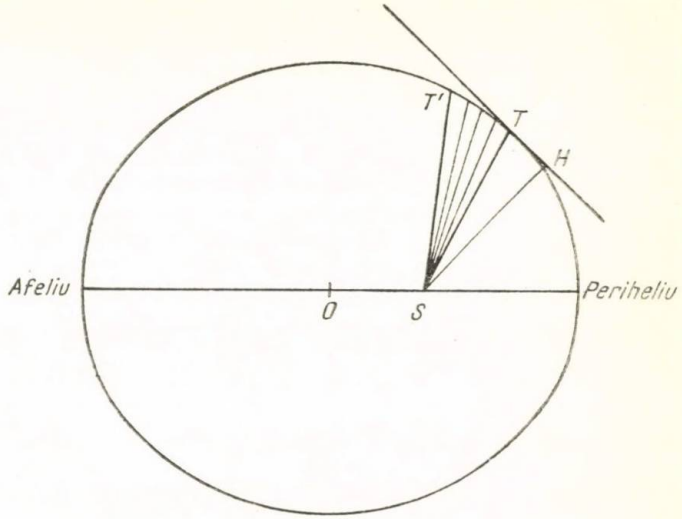
Dar este mai ales important că, în *Prodromus*, Kepler își formulează prima descoperire; planele orbitelor planetare, vecine, dar nu confundate, trec prin Soare. Copernic, care nu dispunea de tabele destul de precise, și care nu s-a debarasat în suficientă măsură de concepțiile lui Ptolemeu, considera că planele orbitale trec prin centrul orbitei Pămîntului. Rezultau de aici schimbări inexplicabile ale excentricității planetelor inferioare. Această anomalie dispare dacă planele orbitelor trec prin Soare, al cărui rol în mișcările planetare este presimțit de Kepler (perioadele mai scurte ale planetelor inferioare demonstrează că Soarele are o acțiune mai puternică la distanțe mici). Înclinația constantă a planelor orbitale față de ecliptică este o altă consecință imediată a celor de mai sus, și Kepler semnalează acest fapt în *Prodromus*. Acestea sînt suficiente pentru a sublinia interesul pe care-l prezintă lucrarea acestui savant de 25 de ani.

În urma unui edict îndreptat împotriva protestanților, Kepler a trebuit să părăsească Grazul și în februarie 1600 caută refugiu la Praga, lîngă Tycho Brahe, devenind astronom al împăratului Rudolf al II-lea. Moartea lui Tycho a survenit prea curînd după întîlnirea cu Kepler, pentru ca opoziția dintre ideile lor asupra sistemului lui Copernic să poată tulbura relațiile dintre ei. Știința a profitat însă mult de pe urma faptului că Johann Kepler a putut să dispună liber de documentația remarcabilă acumulată de Tycho și a putut să-și urmărească cu atît mai bine visul de geometrizare a lumii: cercetarea relațiilor dintre razele orbitelor planetare, excentricitățile, perioadele (și deci vitezele). Pe de altă parte, Kepler a moștenit funcția de matematician al împăratului. Faptul că a trebuit să furnizeze curții horoscoape pare să nu-l fi dezgustat, iar cercetările sale nu au avut de suferit.

În 1604 el își publică tratatul de optică, intitulat *Ad Vitellionem paralipomena, quibus astronomiae pars optica traditur...*, în care definește raza luminoasă, explică reflexia luminii și arată că refracția atmosferică deviază lumina tuturor aștrilor într-un mod nedistinct, și aceasta pînă la zenit.

În același timp, Kepler continuă să se ocupe de cercetarea sa esențială, care merită să fie reprodusă cel puțin schematic. Reluînd lucrările lui Tycho Brahe asupra planetei Marte, el constată o diferență de opt minute între pozițiile observate și pozițiile calculate pe baza excentricelor (deferentelor) și epiciclurilor. Eroarea neputînd fi imputată lui Tycho, al cărui talent de observator este recunoscut de Kepler, acesta decide să revizuiască orbita Pămîntului pe baza observațiilor lui Tycho. Kepler compară observațiile asupra lui Marte făcute la un interval de 687 de zile. 687 de zile fiind perioada de revoluție a lui Marte în jurul Soarelui, raza Soare-Marte este o bază fixă în raport cu care pot fi reperate pozițiile succesive ale Pămîntului. Operația poate fi repetată printr-o altă serie de observații realizate de fiecare dată la un interval de 687 de zile. Se ajunge astfel la primul rezultat care va constitui baza pentru stabilirea marilor legi: orbita Pămîntului este circulară (aproximație suficientă, după cum se știe, Soarele fiind așezat la o distanță de centru egală cu 0,018 R,

FIG. 23. DEMONSTRAȚIA DATĂ DE KEPLER LEGII ARIILOR



unde R este raza orbitei; valoarea excentricității adoptată de toți predecesorii lui Kepler era de două ori mai mare).

Kepler presupune că acțiunea animatoare a Soarelui asupra Pămîntului se exercită tangențial față de traiectorie (el nu cunoaște principiul inerției) și această forță, spune el, se află în proporție inversă cu distanța ST de la Soare la Pămînt, la fel ca și viteza planetei pe orbita sa. Se știe că această afirmație nu este exactă: viteza este proporțională cu distanța de la Soare la tangenta la traiectorie (SH în fig. 23). Kepler și-a verificat ipoteza numai în cazurile particulare ale trecerii Pămîntului la periheliu și la afeliu, rămînînd astfel convins că are dreptate.

Din fericire, această eroare a fost compensată printr-o a doua greșeală: pentru un arc infinit mic al orbitei, timpul necesar Pămîntului spre a-l parcurge este proporțional cu lungimea razei vectoare ST, dar pentru a calcula durata parcursului unui arc finit, Kepler nu dispunea de resursele calculului integral. I s-a părut că metoda cea mai bună va consta în înlocuirea sumei tuturor razelor vectoare intermediare dintre ST și ST' — deci o sumă de lungimi — prin aria sectorului TST'. Greșeală providențială, deoarece în felul acesta a putut fi descoperită pentru cazul mișcării Pămîntului, proporționalitate dintre timp și aria descrisă de raza vectoare; toate observațiile confirmă această lege. De aceea, cînd Kepler va reexamina orbita lui Marte, el îi va aplica imediat aceeași lege a ariilor, pe care o numim legea a II-a a lui Kepler, dar care a fost prima în ordinea descoperirilor.

Pe baza orbitei terestre găsite, Kepler reia observațiile asupra lui Marte. Cînd planeta se află la periheliul sau la afeliul său, mișcarea circulară prevăzută de teorie concordă cu măsurătorile. Cînd însă Marte ocupă pe orbita sa poziții în cvadratură față de cele precedente, abaterea este considerabilă și Kepler termină prin a abandona ipoteza mișcării circulare. Elipsa este ovalul care

permite în modul cel mai exact și cel mai simplu să se constate concordanța cu previziunile legii ariilor, Soarele ocupînd unul dintre focarele conicei.

Notăm în treacăt că ipotezele simplificatoare ale lui Kepler își găsesc justificarea în nivelul cunoștințelor din acel moment: pe de o parte, observațiile lui Tycho, oricît de scrupuloase au fost ele, nu au putut depăși la calculul unghiurilor precizia de 1 minut; și este bine că a fost așa, pentru că erorile de măsurătoare au mascat astfel neregularitățile traiectoriei, datorate perturbațiilor. Pe de altă parte, Kepler, bun matematician, care nu putea să-și depășească cu cincizeci de ani epoca și să compare deja infiniții mici, cunoștea, în schimb, foarte bine lucrările anticilor asupra conicelor. Einstein scrie în legătură cu aceasta:

„Lucrările lui Kepler arată că cunoașterea nu poate să derive numai din experiență; este nevoie de compararea a ceea ce spiritul a conceput, cu ceea ce el observă" (*Cum văd lumea*, traducerea franceză, Paris, 1934, p. 180).

La aceste condiții istorice se adaugă, de asemenea, faptul că excentricitatea orbitei Pămîntului este mică, în timp ce excentricitatea orbitei lui Marte este sensibil mai mare. În 1605 Kepler a ajuns astfel la formularea legii mișcării eliptice. Enunțurile definitive ale primelor două legi au fost publicate după patru ani în lucrarea *Astronomia nova αἰτιολογητος seu physica coelestis, tradita commentariis de motibus stellae Martis. Ex observationibus G.V. Tychonis Brahe...* (august 1609).

Abia mult mai tîrziu, la 15 mai 1618, Kepler enunță legea a III-a, care afirmă proporționalitatea pătratelor perioadelor planetelor cu cuburile distanțelor lor medii de la Soare. Gustul lui Kepler pentru „armoniile lumii", care s-a manifestat încă în *Prodromus*, este astfel satisfăcut. Dar, în același timp, opera lui Copernic este completată și total eliberată de concepțiile anticilor. Poate că în mintea lui Kepler a existat un amestec, uneori confuz, între idei profunde și altele mai puțin fundamentate. Dar putem să judecăm despre importanța operei sale, gîndindu-ne la rolul pe care l-au jucat cele trei legi în elaborarea sintezei newtoniene.

Activitatea lui Kepler nu s-a limitat însă la aceste cercetări cu caracter mai curînd matematic. Pînă la moarte, oricît de mari au fost greutățile existenței sale, el a continuat să fie și un observator. Punîndu-se în legătură cu Galilei, el a studiat, din 1618, cometele, recunoscînd natura lor cerească (unii mai vedeau în ele niște meteori), iar apoi petele din Soare. În 1627, la Ulm, unde a fost nevoit să-și caute refugiul, el a publicat *Tabulae Rudolphinae*, ca un omagiu adus protectorului său Rudolf al II-lea. Aceste tabele sînt primele efemeride ale planetelor calculate pe baza celor trei legi. Ele sînt dedicate lui John Napier, deoarece folosirea logaritmilor a înlesnit considerabil calculul lor. Datorită acestor tabele, Kepler poate să prevadă fenomenele caracteristice planetelor; încă din 1629 el anunță trecerea lui Mercur prin fața Soarelui la 7 noiembrie 1631 și trecerile planetei Venus la 4 decembrie 1639 și la 6 iunie 1761. Timp de un secol, aceste tabele au constituit materialul de bază pentru toți astronomii.

GALILEI. Născut la Pisa în 1564, Galilei a predat mai întîi la Universitatea din Pisa, apoi la cea din Padova. Începînd cu anul 1597 el îmbrățișează —

cel puțin în gîndire dacă nu în scrierile și în învățătura sa — sistemul lui Copernic. Dar faima sa de astronom — pînă atunci putea fi considerat matematician — datează din momentul cînd devin cunoscute rezultatele observațiilor sale asupra novei din 1604, apărută în constelația Ophiuchus. Imposibilitatea de a măsura paralaxa acestui astru nou demonstrează, după Galilei, că este vorba de o stea îndepărtată. Galilei își introduce imediat ideile în prelegerile pe care le ține, ceea ce constituie primul prilej de polemici: dacă nova este un fenomen ceresc, concepția lui Aristotel cu privire la caracterul neschimbat al cerului este falsă. Nu este de mirare că Galilei se va pomeni din acest moment în fața unor adversari dușmani ai științei moderne cu care va avea de luptat în cursul întregii sale vieți.

În iunie 1609, Galilei află că o lunetă care apropie imaginile i-a fost prezentată prințului Mauriciu de Nassau. Se apucă imediat de construirea unei lunete de acest gen și o folosește pentru a observa cerul. Emoția profundă care-l cuprinde în fața miracolelor naturii se dezvăluie în scrisorile sale. Importanța descoperirilor sale este just subliniată în titlul lucrării care le relatează: *Sidereus nuncius magna, longeque admirabilia spectacula pandens, suspiciendaque proponens unicuique, praesertim vero philosophis atque astronomis, qua a Galileo Galileo...* (Veneția, martie 1610).

El descrie mai întîi munții Lunii, ale căror culmi luminate apar dincolo de terminator. Printr-o comparare a razelor Pămîntului și Lunii, el deduce că munții de pe Lună sînt de patru ori mai înalți decît cei de pe Pămînt. El discută posibilitatea existenței unei atmosfere pe Lună. Studiază lumina reflectată de Lună și lumina crepusculară, găsind astfel confirmarea faptului că Pămîntul strălucește la fel ca și celelalte planete.

Pe una dintre paginile cărții el desenează apoi toate stelele necunoscute pe care le descoperă în constelația Orion (în „cingătoarea" lui Orion găsește în loc de 9 stele vizibile cu ochiul liber, 80), apoi în constelația Pleiadelor (unde distinge 36 de stele îngrămădite). Galilei vede și în Calea Lactee ceea ce este ea în realitate: o îngrămădire strînsă de stele și nu o nebulozitate care reflectă strălucirea Soarelui sau a Lunii, nu un meteor, cum afirma Aristotel.

În sfîrșit, lucru deosebit de important, *Sidereus nuncius* anunță descoperirea sateliților lui Jupiter. Prima descoperire datează din 7 ianuarie 1610. Observînd planeta, Galilei vede, în vecinătatea ei, trei aștri noi, aliniați după direcția eclipticii. El crede că sînt niște aștri ficși, prin dreptul cărora trece Jupiter. Dar în ziua următoare regăsește acești aștri în preajma lui Jupiter, altfel dispuși (în carte sînt reproduse într-un mod simplu și sugestiv aceste aspecte diferite). La 11 ianuarie nu mai vede decît doi aștri, dar în ziua de 14 vede patru. Convingerea sa se formează: nu sînt niște aștri ficși, ci niște aștri rătăcitori, care se rotesc în jurul lui Jupiter, sateliți ai acestei planete. Dificultăți de identificare îl împiedică să determine perioadele lor, cu excepția celui de-al patrulea satelit, care se detașează mai clar de ceilalți. Aceasta nu umbrește cu nimic semnificația descoperirii. Într-adevăr, una dintre obiecțiile anticopernicanilor era că, dacă toți aștrii se rotesc în jurul Soarelui, nu se poate explica de ce Luna face excepție,

învîrtindu-se în jurul Pămîntului; existența sateliților lui Jupiter infirmă această obiecție.

Se înțelege că Galilei a vrut să aducă cît mai repede la cunoștința lumii descoperirile sale, care ofereau, fără calcule complicate, greu de înțeles pentru nespecialiști, dovezi incontestabile în sprijinul sistemului lui Copernic.

Firește, apar imediat și oponenți. Mai puțini la Padova, unde se face simțit prestigiul personal al maestrului, decît în restul Italiei. Se invocă ca argument calitatea proastă a imaginilor obținute cu primele lunete; unii merg pînă la a pretinde că aștrii descoperiți nu sînt decît imagini false create de imperfecția instrumentului. Dar, în primul rînd, se consideră că este absurdă încercarea de a afirma existența unor aștri pe care Ptolemeu și Aristotel i-ar fi ignorat, numai sub pretextul că ei pot fi văzuți...

Cînd Kepler primește *Sidereus nuncius*, el nu dispune încă de un instrument de observație comparabil cu cel al lui Galilei. El înțelege însă imediat importanța descoperirilor lui Galilei, care confirmă astronomia nouă și sprijină, în special, concepția lui Copernic. Aceste constatări sînt dezvoltate în scrisoarea lui către Galilei din mai 1610, pe care o publică îndată sub titlul *Dissertatio cum nuncio sidereo*. În curînd va primi de la Galilei o lunetă, transmisă prin principele elector de Köln. Acum își poate relata propriile sale observații în *Narratio de observatis a se quatuor Jovis satellitibus erronibus*, confirmînd fără ambiguitate, în septembrie 1610, descoperirile lui Galilei.

Înainte de a examina în amănunțime seria de mari descoperiri astronomice din secolul al XVII-lea, ni se pare indicat să subliniem importanța acestui an 1610. Pînă atunci, primatul considerațiilor teoretice a mascat un caracter esențial al astronomiei: acela de știință bazată pe observație. Modesta lunetă a lui Galilei este simbolul noii astronomii. Mînuit de ignoranți sau de oameni neîndemînatici, un instrument, oricît de perfecționat ar fi, nu va da, bineînțeles, decît rezultate îndoielnice; dar dacă observatorul cunoaște posibilitățile și limitele folosirii aparatelor sale, dacă necesitățile observației nu-l fac să neglijeze importanța unei vaste culturi științifice și în special matematice, ce cîmp imens de activitate se deschide în fața lui! Din acel moment, un fel de dialog între reflecția teoretică și perfecționarea tehnică se va afirma ca trăsătură dominantă a dezvoltării astronomiei. Descoperirile observației, chiar cele care vor apărea ca rod al întîmplării, vor alimenta cercetarea teoretică și o vor împiedica să rătăcească depărtîndu-se de realitate. Necesitatea verificării teoriei va reclama, cu urgență, perfecționarea instrumentelor, ceea ce va face posibile noi descoperiri. Bailly scria încă în legătură cu legea lui Kepler:

„Oamenii înaintează studiind natura prin fapte separate. După ce au văzut destul, ei se retrag, rămînînd singuri cu ei înșiși. Faptele sînt acumulate în capul lor, dar lanțul lipsește; totuși acest lanț există și deci poate fi descoperit. Cei care au geniu iau creionul și desenează un plan: Kepler a reușit s-o facă. După aceasta nu mai este vorba decît de a aplica acest plan schițat de imaginație pe marele model care este natura; se impune revenirea la observație. Darul cel mai fericit al cerului, acela al

invenției, este plasat între faptele care întemeiază sistemele și faptele care le verifică" (*Histoire de l'astronomie ancienne*, 1779).

Astăzi, aceste idei ne sînt familiare; dar trebuie să ne dăm seama ce revoluție aduceau ele în spiritul științei, atunci, la începutul secolului al XVII-lea.

BOGĂȚIA OPEREI ASTRONOMICE A LUI GALILEI. Între 1610 și 1619, Galilei este deosebit de fecund în domeniul astronomiei. El continuă studiul „planetelor medicee". Începînd cu aprilie 1611, la un an după descoperirea lor, el poate să le distingă unele de altele. Aceasta îi permite să urmărească mișcarea și să determine, cel puțin aproximativ, perioada fiecărui satelit (operație atît de delicată, pe care Kepler însuși o considera imposibilă). Remarcăm că Galilei nu se călăuzește în această cercetare după primele legi ale lui Kepler (pe care el nu le va accepta niciodată); astronomul observator nu se încrede decît în propriile sale observații; poate că la aceasta se adaugă o anumită părere preconceptă împotriva lucrării lui Kepler *Astronomia nova* în al cărei text apar digresiuni hazardate.

Perioadele celor patru sateliți sînt mici; două zile pentru cel mai apropiat și 17 zile pentru cel mai îndepărtat de planetă; Galilei stabilește primele tabele ale mișcărilor lor medii, în speranța că ele vor putea servi pentru a prevedea configurația sistemului la o dată propusă, ceea ce ar permite să se cunoască dinainte cînd vor avea lor eclipsele sateliților. Dar determinarea exactă a acestor tabele — lucru de care Galilei și-a dat seama — pretindea o observație într-un interval de timp cel puțin egal perioadei siderale a lui Jupiter, pentru a se putea compara conjuncțiile care se produc în momentele cînd planeta revine în aceeași poziție pe orbita sa. Eșalonate în anii 1610—1619, observațiile lui Galilei au cuprins deci o perioadă insuficientă pentru a duce această sarcină la bun sfîrșit. O altă dificultate consta în insuficiența lunetei în ceea ce privește aprecierea distanțelor; Galilei monta o riglă gradată pe tubul lunetei și observa cu ochiul stîng, în timp ce ochiul drept era atent la ocular; acesta era unicul „micrometru" realizabil cu un ocular divergent. Și totuși, cu ajutorul datelor obținute în asemenea condiții, Galilei a determinat elementele orbitelor sateliților, nu fără a reduce observațiile la centrul Soarelui pentru a scăpa de toate neregularitățile datorate mișcării relative a Pămîntului în raport cu Jupiter.

Ambiția lui Galilei în acest domeniu consta în a oferi un mijloc pentru determinarea lesnicioasă a longitudinilor. O configurație dată a sateliților era un semnal care putea fi observat din două locuri distincte de pe Pămînt. Stathuderul Olandei oferise un preț de 25 000 de florini acelui care va indica o metodă de determinare a longitudinilor utilizabilă în navigație. Încurajat de Galilei să se ocupe de această problemă, preotul P. Renieri, profesor la Universitatea din Pisa, nu a putut s-o rezolve în cursul vieții sale. De-abia în 1668 au apărut, sub titlul *Ephemerides bononienses mediceorum siderum*, tabelele lui Cassini, care se datorează în mare măsură efortului acestor pionieri.

Să deschidem aici o paranteză: încă în 1611 Peiresc, consilier în parlamentul Provenței, care a fost cu zece ani mai înainte elev al lui Galilei la Padova, face parte dintr-un grup entuziast de cititori provensali ai lucrării *Sidereus nuncius*. Concomitent cu ilustrul său profesor, dar cu totul independent de el, Peiresc are ideea de a determina longitudinile prin măsurarea pozițiilor respective ale sateliților (observați pentru prima dată la Aix de către Joseph Gaultier, la 24 noiembrie 1610; observîndu-le a doua zi, Peiresc descoperă nebuloasa din Orion). Dacă lucrările lui Peiresc nu merg atît de departe ca cele ale lui Galilei, el are totuși buna idee de a-l trimite pe ajutorul său, Lombard, la Malta, apoi în Siria, pentru a aplica metoda în practică. Rezultatele au fost de natură să-l decepționeze. Peiresc nu a abandonat însă tema și a organizat cu succes o rețea de observații ale eclipsei Lunii din 28 august 1635, ceea ce a permis corectarea unei greșeli grosolane de 1000 km pe hărțile Mediteranei orientale.

Să revenim la Galilei, care a notat foarte just tot ceea ce era necesar pentru o rezolvare satisfăcătoare a problemei longitudinii; pe lîngă tabele de mișcări ale sateliților mai exacte decît tabelele sale (admițînd că această metodă va fi menținută), se cerea o sporire a preciziei măsurătorilor efectuate cu ajutorul lunetei; găsirea unui mijloc de a face asemenea observații pe coverta unei corăbii și condiții bune de fixare a timpului. În cursul secolului vor fi realizate micrometrul, sextantul, ceasornicul cu balansier și resortul spiral.

Interesul pentru observarea sateliților lui Jupiter nu abate atenția lui Galilei de la explorarea generală a cerului. Dar Saturn îi rezervă un eșec memorabil. „Am observat planeta cea mai înaltă și am găsit o imagine triplă", scrie el într-o anagramă misterioasă. Apoi, după cîtva timp, revede imaginea simplă. Luneta sa era insuficientă pentru a-i dezvălui aspectul înșelător al inelelor care, văzute sub înclinații variabile, dau imagini foarte diferite.

În schimb, Galilei a putut să observe bine fazele lui Venus, care au constituit o nouă verificare a sistemului lui Copernic.

În legătură cu aceasta, Galilei scria unuia dintre prietenii săi, preotul Benedetto Castelli:

„La ce concluzii frumoase conduc observațiile mele! Dar mă faceți să rîd crezînd că ele vor împrăștia toți norii și vor pune capăt tuturor discuțiilor. Demonstrația a fost dusă de mult pînă la ultima evidență. Adversarii noștri ar fi convinși dacă ar putea să fie convinși; dar ei doresc să se amăgească singuri..."

Detaliile observate pe Lună i-au permis lui Galilei să înțeleagă că satelitul nostru întoarce mereu aceeași emisferă spre Pămînt, dar că se produc totuși ușoare abateri pe care astăzi le numim *librații*. Hevelius, apoi Cassini aveau să adîncească studiul acestui fenomen. Galilei a săvîrșit eroarea de a crede că el se limita la efectul paralaxei, datorat deplasării observatorului în raport cu centrul Pămîntului.

În 1610, apoi în 1612, Galilei a observat petele de pe Soare. Poate că prioritatea acestei observații îi revine totuși lui Johann Fabricius (broșură

editată la Wittemberg în 1611). Preotul Cristoph Scheiner, iezuit care preda matematica la Ingolstadt și ale cărui observații datează din martie 1611, a contestat descoperirea lui Galilei (Scheiner a explicat, de asemenea, deformația aparentă a Soarelui la asfințit). Oricum ar fi, o scrisoare care datează din 1612 nu lasă nici o îndoială în privința interpretării pe care Galilei o dădea descoperirii fenomenului.

„Presupun că aceste noutăți vor fi funeraliile sau mai curînd sfîrșitul și judecata din urmă a pseudofilozofiei; semnele acestui fapt au apărut deja în Lună și în Soare. Și mă aștept să aud în această privință obiecții mari proclamate de peripatetici, pentru a menține caracterul neschimbat al cerului; nu știu cum poate fi salvat și păstrat acest caracter" (Scrisoare către F. Cesi, 12 mai 1612).

Știm, într-adevăr, că el nu a putut fi salvat...

SFÎRȘITUL ANTICOPERNICANILOR. Dacă descoperirile lui Galilei care au venit după primele legi ale lui Kepler au adus argumente hotărîtoare în favoarea ideilor copernicane, ultimele încercări de rezistență au fost totuși deosebit de vii, așa cum este destul de firesc. În 1616, Sfîntul Oficiu a declarat falsă și contrară dogmelor bisericești concepția care așază Soarele în centrul lumii. După un timp, răspunzînd oponenților săi, Galilei a publicat lucrarea *Il Saggiatore* (1623), capodoperă a artei polemice. Mai importantă, după noi, a fost publicarea în 1632 a lucrării sale, *Dialogo:* Galilei rezumă în această carte filozofia sa, opunînd-o celei a lui Aristotel; fără a se sinchisi de complexitatea mișcării planetelor (el continuă să ignoreze importanța lucrării lui Kepler), el expune ideile sale asupra sistemului lumii, iar mecanica sa apare ca o completare indispensabilă a sistemului lui Copernic. El pregătește sinteza newtoniană, dar fără a bănui un moment că mișcarea planetelor și cea a proiectilelor pot fi descrise după aceeași lege.

Dialogo, carte accesibilă marelui public, a cunoscut un mare succes, care a atras atenția inchiziției. Lucrările lui Kepler, a căror lectură și înțelegere este mai grea, nu au avut parte de aceeași glorie. Oricum ar fi, la 22 iunie 1632, după un proces de douăzeci de zile, un tribunal compus din șapte cardinali a declarat:

„A susține că Soarele imobil și fără o mișcare locală ocupă centrul lumii este o propoziție absurdă, falsă în filozofie și eretică, deoarece este potrivnică mărturiei Scripturii. Este de asemenea absurd și fals în filozofie să afirmi că Pămîntul nu este imobil și situat în centrul lumii; și această propoziție, considerată din punct de vedere teologic, este cel puțin greșită în credință".

După aceasta, Galilei a fost nevoit să semneze o formulă de abjurare, înainte de a asculta sentința care-l condamna la arest în casa sa din Arcetri. Acolo a și murit, orb, la 8 ianuarie 1642.

O analiză mai amănunțită a acestui proces, a motivelor și efectelor lui, depășește subiectul nostru. Totuși a-l trece sub tăcere ar însemna să negli-

jăm un aspect al progresului astronomiei în cursul secolului al XVII-lea. Este propriu naturii însăşi a descoperirii să aducă corectări mai mult sau mai puţin profunde concepţiilor pe care le-a făcut să fie asimilate de un public larg. Oare nu este inevitabil ca spiritele îndrăzneţe şi deosebit de capabile să conceapă o sinteză nouă, să nu fie imediat urmate de cei care nu au aceleaşi facultăţi creatoare? Această observaţie nu încearcă în nici un caz să minimalizeze eroarea şi nedreptatea a căror victimă a fost Galilei; motivele acestui fapt sînt însă mai bine înţelese cînd evenimentul este fixat în timpul său.

Fapt este că încă multă vreme au apărut anticopernicani întîrziaţi. *Astronomia danica* de Longomontanus, fost elev al lui Tycho şi apărător al sistemului său, a apărut în 1640. Chiar şi în rîndurile copernicanilor, unii nu au adoptat legile lui Kepler: Philip Landsberg a publicat efemeride planetare calculate pe baza unei teorii a epiciclurilor; Ismaël Boulliau, în lucrarea sa *Astronomia philolaica* (Paris, 1645), înlocuieşte legea a II-a printr-o construcţie complicată, care are drept scop revenirea la o mişcare uniformă.

Aceste cazuri sînt însă doar ultimele manifestări ale ideilor vechi. Copernicanilor le-a revenit sarcina de a continua opera lui Kepler şi a lui Galilei, acumulînd acum noi descoperiri.

B. DEZVOLTAREA ASTRONOMIEI DE OBSERVAŢIE

AMATORII. Publicarea promtă a lucrării *Sidereus nuncius* a fost un factor de progres hotărîtor, în ceea ce priveşte cunoaşterea descoperirilor lui Galilei. Îndată ce ele au fost cunoscute, numeroşi amatori şi-au procurat lunete şi s-au ocupat de observaţii. Au ieşit la iveală atîtea aspecte şi atîtea obiecte noi accesibile, încît a urmat o serie impresionantă de descoperiri de tot felul. Orice listă a acestor descoperitori amatori ar fi inevitabil incompletă. Vom nota de aceea doar descoperirile cele mai importante.

Să începem cu topografia lunară. Peiresc, ajutat de Gassendi, întocmeşte prima hartă lunară şi-l pune pe Claude Mellan s-o graveze (1636). Urmează hărţile lui Langrenus în Spania (1645), ale lui Hevelius la Gdańsk (1647), care avea să descopere zece ani mai tîrziu libraţia longitudinală, în sfîrşit ale lui Riccioli şi Grimaldi în Italia (1650). Acestora din urmă le datorăm actuala toponimie a detaliilor orografice. În felul acesta a fost pregătită lucrarea lui Domenico Cassini, a cărui hartă gravată, avînd un diametru de 54 cm şi terminată în 1679, a rămas inegalată pînă la finele secolului al XVIII-lea.

Lumea stelelor rămîne încă puţin explorată; lunetele sînt nesatisfăcătoare. Am citat totuşi mai sus descoperirea nebuloasei din Orion de către Peiresc în 1611. Simon Mayer sau Marius (1570—1624), astronom al electorului de Brandenburg, are vina de a fi disputat, în mod abuziv, lui Galilei descoperirea sateliţilor lui Jupiter, dar este incontestabil primul care a con-

semnat existența „nebuloasei" din Andromeda. Vom avea însă o idee asupra încetinelii progreselor din acest domeniu, dacă ne vom gîndi că următoarea descoperire, acea a roiului din constelația Hercule, al cărei autor este Halley, a avut loc în 1715... Se pare că pura întîmplare a călăuzit aceste achiziții ale științei, a căror semnificație adevărată nu putea fi de altfel înțeleasă la acea epocă.

În 1596, la Hanovra, David Fabricius observă strălucirea variabilă a celei mai luminoase stele din constelația Balenei a cărei denumire clasică *Mira* se datorează lui Hevelius. Perioada ei de 333 de zile a fost măsurată în 1652 de către Boulliau.

Tot lui Hevelius îi datorăm descoperirea *faculelor* care confirmă, după descoperirea petelor, că suprafața Soarelui nu este nici neschimbată, nici nemișcată. Să citățm, de asemenea, printre lucrările acestui astronom, catalogul său stelar, rămas neterminat; numele de *Scut al lui Sobieski* pe care el l-a dat unui cîmp foarte bogat în stele din Calea Lactee, în cinstea protectorului său Ian al III-lea Sobieski, mai este încă și astăzi folosit. Numele lui Hevelius rămîne de asemenea legat de prima lucrare de ansamblu asupra cometelor; *Cometografia* sa apare în 1668. În această lucrare el demonstrează, pe baza măsurării paralaxelor cometelor din 1652 și 1664, că ele nu sînt simpli meteori ai atmosferei noastre. El presimte chiar că mișcarea lor este parabolică sau aproape parabolică, săvîrșindu-se în jurul Soarelui.

Studiul planetelor continuă. Iezuitul italian Niccolo Zucchi observă pete pe Marte și benzi pe Jupiter în 1640 (e posibil ca ele să fi fost văzute de Fontana, încă în 1636). Mai înainte, Peiresc a observat cel dîntîi planeta Mercur în plină zi și a remarcat „lumina cenușie" a planetei Venus.

Un interes deosebit de mare prezenta verificarea previziunilor lui Kepler, care anunțase trecerea lui Mercur prin fața Soarelui în 1631. Gassendi a reușit s-o observe. Părintele Humbert scrie în legătură cu aceasta:

„La drept vorbind, el nu a descoperit nimic... el nu a făcut decît să confirme descoperirile anterioare. Dar în toate observațiile sale, el a dat dovadă de un spirit metodic, de o grijă pentru precizie, de o eleganță în cercetare care-l situează deasupra contemporanilor săi" (*L'oeuvre astronomique de Gassendi*, Paris, 1936).

Gassendi a observat trecerea prin proiecție, notînd cu precizie punctul de ieșire din disc și regretînd că nu a putut s-o facă mai bine.

Observarea trecerilor în cursul secolului nu va depăși precizia atinsă de Gassendi. În 1639, trecerea lui Venus în dreptul Soarelui este observată de tînărul Horrocks, aproape de Liverpool (acest tînăr astronom cu destin tragic, care a trăit în anii 1619—1641, a fost de asemenea primul care a aplicat legile lui Kepler la mișcarea Lunii, punînd în evidență variația excentricității și oscilația axei mari a orbitei). Hevelius la Gdańsk și Huygens la Londra au urmărit trecerea lui Mercur în dreptul Soarelui la 3 mai 1661 (a treia trecere observată).

Acest tablou succint ne poate da o idee despre multitudinea observaţiilor interesante. Trebuie însă să recunoaştem, totodată, şi caracterul limitat al îmbogăţirii cunoştinţelor care a rezultat din aceste observaţii. În toate acestea nu există nimic comparabil cu puterea creatoare a unui Kepler sau a unui Galilei. Cotitura va veni o dată cu progresul în construcţia instrumentelor realizat de un savant complet, Huygens.

HUYGENS. Preocupat de problemele de optică, Huygens a înţeles că noi progrese în astronomie erau posibile numai prin perfecţionarea instrumentelor. El şi-a fabricat prima lunetă în 1655. În 1659 el scria:

„Există în telescoapele prevăzute exclusiv cu lentile convexe un anumit loc — situat la o distanţă de ochi aproximativ de două ori mai mare decît ocularul convex — în care, dacă aşezăm în interiorul tubului un obiect oricît de fin şi oricît de mic, îl vedem distinct şi cu un contur extrem de net, în aşa fel că el sustrage văzului, proporţional cu dimensiunile sale laterale, o parte a obiectului luminos privit prin telescop, ca de pildă Luna..."

Acest text, în care Huygens se ocupă de „virgulă", strămoaşa micrometrului, arată că avantajele ocularului convergent, semnalate de Kepler încă în 1611, au pătruns în practica curentă abia după 50 de ani. Huygens înţelege bine ce folos se poate trage de aici pentru măsurarea unghiurilor.

Progresul realizat în şlefuirea lentilelor, în special pentru a da suprafeţelor lor curbura dorită cu o precizie suficientă, îi permite mai întîi lui Huygens să adauge la descoperirea lui Galilei achiziţii foarte interesante. Desigur, nu s-a realizat nimic asemănător cu impresionanta realizare pe care a constituit-o *Sidereus nuncius*; cu toate acestea, anul 1655 constituie un nou jalon în astronomia de observaţie.

Huygens descoperă mai întîi astrul Titan, cel mai mare dintre sateliţii lui Saturn. Împreună cu Luna şi cu cei patru sateliţi ai lui Jupiter, descoperiţi de Galilei, s-a ajuns astfel la şase sateliţi, tot atîţia cîte planete erau cunoscute. Această coincidenţă numerică capătă, în ochii lui Huygens, o semnificaţie: i se pare imposibil să existe un număr total de sateliţi superior numărului total al planetelor. Idee apriorică care îl împiedică să folosească toate posibilităţile observaţiei: J-D. Cassini va descoperi satelitul Japet în 1671, apoi Rhea în 1672, fără a dispune de un instrument superior celui al lui Huygens. Cassini va mai descoperi şi alţi doi sateliţi ai lui Saturn: Tetis şi Dionne în martie 1684.

Dar calităţile de observator ale lui Huygens se manifestă în întreaga lor strălucire în 1656, cînd el lămureşte „enigma planetei cu trei corpuri", a „planetei triple", cum spunea Galilei. Huygens vede şi descrie corect *inelul*. Acesta dispăruse în 1655, dar Huygens a putut urmări înceata şi progresiva lui reapariţie. El ia însă „măsuri de precauţie" pentru a ascunde adevărata semnificaţie a descoperirii sale sub forma unei anagrame:

AAAAAA CCCCC D EEEEE G H IIIIII LLLL MM NNNNNNNNN OOOO PP Q RR S TTTTT UUUUU (vezi nota sa *De Saturni luna observatio nova*, 1656).

Abia, în 1659, în lucrarea sa *Systema Saturnium* el descifrează anagrama:

„ANNULO CINGITUR, TENUI, PLANO, NUSQUAM COHÆRENTE, AD ECLIPTICAM INCLINATO", adică " este înconjurat de un inel subțire, plan, fără aderență, înclinat față de ecliptică".

El prevede, de asemenea, dispariția acestui curios obiect, anunțînd-o pentru iulie-august 1671, în loc de mai, și explică corect aceste dispariții periodice: cînd Pămîntul și Soarele se găsesc concomitent în planul inelului, subțirimea obiectului și inexistența unei umbre lăsate de el îl ascund privirilor noastre.

Importanța acestei descoperiri și a interpretării ei corecte nu trebuie să fie minimalizată; nu se mai văzuse niciodată un obiect asemănător și după cum știm nici mai tîrziu nu a fost descoperit vreunul. Cu toate acestea, Huygens scrie:

„Dacă observatorii din trecut ar fi folosit lunete mai mari și înzestrate cu lentile mai bune, este în afară de îndoială că în loc de trei corpuri rotunde ei ar fi descoperit același lucru pe care l-am văzut eu, așa cum am arătat în 1655 și din nou la 13 octombrie al anului următor" (*Systema Saturnium*, 1659).

Corelația strînsă dintre progresul instrumentelor de observație și de măsură și progresul științei însăși, idee atît de banală astăzi, ne apare sub pana lui Huygens ca o dovadă a apartenenței sale la știința modernă. El contribuie, de asemenea, la verificarea acestei idei, prezentînd la 16 iunie 1657 lucrarea sa despre ceasornicul cu balansier. Acest instrument va juca un rol primordial cînd vor deveni posibile măsurătorile meridiane precise.

În momentul cînd Ludovic al XIV-lea crea Academia de Științe și întemeia Observatorul de la Paris, Huygens fu invitat la Paris de către Colbert. În felul acesta face cunoștință cu Picard, Auzout și Cassini. A trebuit însă să plece din Franța înainte de revocarea Edictului din Nantes. Revenind în Olanda, își consacră restul vieții construcției de instrumente optice, în colaborare cu fratele său.

LUNETA CA INSTRUMENT DE MĂSURĂ. Încă multă vreme după inventarea lunetei, alidadele cu pinule au fost singurele instrumente de măsurare a unghiurilor. Hevelius a acumulat în felul acesta observațiile de poziții obținute cu ochiul liber, care nu mai puteau prezenta mare interes. Kepler a folosit cu maximum de eficiență excelentele măsurători ale lui Tycho Brahe. Poate că observatorii se țineau prea mult de rutină, erau lipsiți de imaginație ca mecanicieni; ne putem închipui, de asemenea, că atracția noului, aspectele nebănuite ale cerului le absorbeau în întregime atenția.

Este probabil că Jean Baptiste Morin a avut cel dîntîi ideea de a atașa de luneta sa un cerc cu diviziuni. Dar luneta lui Morin nu avea reticul. De aceea linia de ochire nu era definită.

În decembrie 1666, Adrian Auzout dăduse descrierea completă a unui micrometru cu șurub prevăzut cu fire fixe și fire mobile. În anul următor,

el a publicat lucrarea *Manière exacte pour prendre le diamètre des planètes, la distance entre les petites étoiles, la distance des lieux etc.* Dar comunicarea pe care o prezintă în legătură cu acest subiect la Royal Society din Londra, la 28 decembrie 1666, prilejuieşte o violentă polemică în ceea ce priveşte prioritatea: Towneley, la 4 aprilie 1667, semnalează măsurătorile asupra Pleiadelor făcute cu micrometrul de către Crabtree (între 1638 şi 1648) pe baza unui instrument pus la punct de William Gascoigne (1619—1644). Este posibil ca lucrările lui Gascoigne, ale lui Crabtree, ca şi ale tînărului Horrocks, pe care l-am mai citat în legătură cu observarea trecerii lui Venus în dreptul Soarelui, să fi fost ignorate din pricina tulburărilor care au zguduit Anglia în această perioadă a istoriei ei. Oricum ar fi, generalizarea folosirii micrometrului după procedeele descrise de Auzout datează din 1666[1].

Imediat după aceasta, Jean Picard (1620—1682), care deţine primul loc printre astronomii francezi înainte de apariţia lui Cassini, montează o lunetă cu reticul pe un cadran (cu o rază de 1,03 m), folosind-o pentru a măsura gradul terestru. Această măsurătoare celebră a fost efectuată după metoda triangulaţiei propusă de Snellius. Au fost măsurate treisprezece triunghiuri între Sourdon, în apropiere de Amiens, şi Malvoisine în apropiere de Paris. Unui arc de 1°22′55″ îi corespundea o lungime de 78 850 toaze [1 toise = = 1,949 m — *N.T.*], respectiv 57 060 toaze unui grad. Vom vedea cît de util s-a dovedit a fi, în lucrările lui Newton, acest rezultat, care corecta evaluările anterioare.

Diversele elemente ale unui instrument de trecere la meridian sînt acum îmbinate. Picard înţelege acest lucru, cît şi importanţa pe care o prezintă măsurătorile de mare precizie. Devansînd perioada sa, el îşi propune să măsoare paralaxa stelei α din constelaţia Lirei. Firește, nu reuşeşte. Merită să fie citată o altă iniţiativă a sa; întrucît efemeridele lui Jan Hecker, astronom din Gdańsk, se terminau în 1680, Picard propune, în 1679, să se calculeze datele reunite în *Connaissance des temps ou des mouvemente célestes*. Pentru primii cinci ani, calculele au fost făcute de Picard. Lefèvre le-a continuat pînă în 1702, luînd obiceiul de a prezenta cartea în fiecare an regelui.

Picard a murit înainte de a se fi terminat construcţia primului instrument meridian al Observatorului din Paris, un sector mural care a fost instalat în faţa turnului de vest al observatorului de către Ph. de la Hire. Dar, începînd cu acest moment, progresul astronomiei este legat de organizarea marilor observatoare.

MARILE OBSERVATOARE. Crearea Observatorului din Paris a fost hotărîtă de Ludovic al XIV-lea, în 1667. Înainte de a putea compara observaţiile şi măsurătorile făcute la Paris cu cele ale lui Tycho Brahe, Picard a fost trimis în Danemarca cu misiunea de a reface măsurătorile privind poziţia Ura-

[1] Mai multe amănunte asupra acestei dispute cu privire la prioritate se găsesc în cartea lui DANJON şi COUDER, *Lunettes et télescopes*, pp. 627-629, şi în lucrarea lui HENRI RENAN, *Le nouveau micromètre enregistreur du Cercle méridien du jardin de l'Observatoire de Paris* („Annales de l'Observatoire de Paris", vol. 26); de asemenea, în teza imprimată la roneotip a lui R. Mc Keon (Paris, 1965). — *N.A.*

niborgului, celebrul observator al lui Tycho. Această călătorie se dovedi deosebit de rodnică. Picard a arătat că măsurătorile meridiane efectuate de Tycho necesitau o corecție de 18 min; fără a-și da seama de aceasta, el pune în evidență fenomenul de aberație[2]; „Steaua Polară — scrie Picard — prezintă variații pe care Tycho nu le observase și pe care eu le observ de 10 ani" (1672). În sfîrșit, lucru care fără îndoială nu este cel mai neînsemnat rezultat al călătoriei sale, Picard se întoarce la Paris însoțit de un tînăr astronom care va deveni celebru, Olaüs Römer. Astfel ia naștere școala astronomică de la Paris din care fac parte Picard, Auzout, Römer și Huygens; nu lipsește decît Cassini, care va deveni conducătorul ei.

Născut în comitatul Nisei, în 1625, Gian Domenico Cassini a predat începînd din 1650 matematica la Universitatea din Bologna. În 1669 primește invitația lui Ludovic al XIV-lea de a se încadra în cercul de savanți din noua Academie de Științe (s-a naturalizat, în Franța, în 1673). Am mai citat descoperirea sateliților lui Saturn, care i se datorează; în 1666 obține o valoare bună a duratei rotației lui Marte (24 h 40 min în loc de 24 h 37 min). În 1675, la Paris, descoperă separarea inelului lui Saturn în două părți. S-a păstrat pînă astăzi denumirea de *diviziunea lui Cassini* pentru acest interval *dintre* inele.

Cassini stabilește tabele precise pentru sateliții lui Jupiter și îl pune pe Römer să le verifice. Acesta constată însă cu surpriză o întîrziere, sau un avans sistematic, a eclipselor acestor sateliți, după cum Jupiter este în conjuncție sau în opoziție. Römer, singur, are meritul de a fi interpretat corect aceste abateri de la previziuni; abaterea totală (22 min după măsurătorile sale în loc de 16, cum arată măsurătorile moderne) reprezintă dublul timpului folosit de lumină pentru a parcurge distanța de la Soare la Pămînt. Nota lui Römer asupra vitezei luminii datează din 22 noiembrie 1675, după cum ne-o amintește o placă comemorativă fixată la Observatorul din Paris în cinstea acestei mari descoperiri care marchează o etapă nouă în studiul lumii fizice.

În cu totul alte condiții a fost creat Observatorul din Greenwich. La propunerea lui John Flamsteed (1646—1719), consultat asupra unui proiect cu privire la măsurarea longitudinilor în largul mării, regele Carol al II-lea hotărăște înființarea unui observator și îl numește pe Flamsteed „astronom regal" (cu un salariu de 100 de lire anual), în scopul de a face toate observațiile folositoare pentru navigație și pentru astronomie. Navigația prezintă o importanță mai mare decît astronomia, ceea ce explică în măsură suficientă alegerea amplasării Observatorului în parcul de la Greenwich într-un loc care domină gura Tamisei. Ideea lui Flamsteed consta în următoarele: întocmirea unui catalog de stele, în care să fie îmbunătățite pe baza unor măsurători cu luneta rezultatele lui Tycho; apoi obținerea unor tabele bune pentru Lună; deplasarea rapidă a acestui astru pe fundalul sferei fixelor ar constitui un *semnal* pentru navigatori și le-ar permite să calculeze longitudinea lor, cunoscînd ora Londrei. Flamsteed nu a dispus de un instrument

[2] Vezi mai departe studiul lui Jacques Lèvy, pp. 508—509

satisfăcător decît în 1689; de aici, fără îndoială, încetineala cu care-şi publică rezultatele, încetineală care i-a atras ostilitatea marelui Newton. Înţelegem nerăbdarea acestuia de a cunoaşte dacă observaţiile asupra Lunii confirmau teoria elaborată asupra unor date mai puţin precise.

La numele lui Flamsteed trebuie să adăugăm aici pe cel al viitorului său succesor Edmund Halley (1656—1742), care a fost profesor de geometrie la Oxford. Prieten al lui Newton, el a insistat ca acesta să-şi publice *Principiile*, ceea ce ar fi suficient pentru a-i recunoaşte meritul. Numele său îl poartă însă cometa care a fost vizibilă în 1681—1682 înainte şi după trecerea ei la periheliu şi care a oferit elemente foarte favorabile pentru calcul. El a calculat orbita cometei, apoi dîndu-şi seama că acelaşi obiect fusese observat mai înainte, a putut să prezică înapoierea lui în 1758[3]. În sfîrşit, Halley a studiat magnetismul terestru şi în legătură cu aceasta a făcut o călătorie în emisfera australă, de unde a adus observaţii astronomice preţioase privind o parte a cerului încă prea puţin cunoscută.

C. OPERA ASTRONOMICĂ A LUI NEWTON

Lucrările lui Newton, care constituie desăvîrşirea şi încununarea operei astronomice din secolul al XVII-lea, depăşesc cadrul astronomiei, ca şi al mecanicii. Omul care a spus: „Dacă am văzut mai departe decît alţii, este pentru că m-am urcat pe umerii unor giganţi", este unul dintre acele faruri ale gîndirii umane care jalonează istoria acesteia; lumina lui nu se poate limita la un singur capitol al ştiinţei.

Născut în Woolsthorpe, Lincolnshire, în Anglia, la 25 decembrie 1642 (st.v.), Newton manifestă la început interes pentru matematică, studiind-o la Universitatea din Cambridge, unde intră în 1661. Anii marei ciume (1665—1666) l-au obligat să se retragă în ţinutul său natal, în absolută singurătate, ceea ce îi va permite să conceapă, într-o strălucire, marea operă a vieţii sale[4].

Dacă ideile lui Newton sînt rodul unei profunde meditaţii solitare, vom înţelege mai bine dimensiunile lor, amintindu-ne cum îşi puneau predecesorii săi, în special Kepler, problema atracţiei şi a gravitaţiei. A. Koyré a arătat foarte bine că dacă pentru noi atracţia şi gravitaţia sînt asociate, această legătură naturală nu era evidentă pentru oamenii din secolul al XVII-lea şi nici chiar lui Newton, poate: greutatea este percepută în mod direct, în timp ce atracţia este o acţiune la distanţă, care nu poate să existe decît între corpuri calificate ca asemănătoare.

Kepler declară, desigur, în *Astronomia nova* (1609), că atracţia reciprocă a corpurilor grele va constitui baza teoriei greutăţii şi că această atracţie este

[3] Vezi în această problemă studiul lui Jacques Lévy, p. 511.

[4] „Mă aflam atunci în apogeul forţelor mele creatoare, va spune el în 1714, şi eram pasionat pentru filozofie cum n-am mai fost niciodată de atunci" (citat de A. Koyrè). — *N.A.*

proporțională cu *moles* (mărimea) corpurilor. Dar această atracție reciprocă i se pare posibilă numai între corpuri înrudite, cum sînt Pămîntul și Luna, și nu între Pămînt și planete sau între Soare și planete; Soarele este acela care exercită o acțiune motrice (Kepler nu cunoaște, de altfel, principiul inerției și pentru el persistența mișcării reclamă aplicarea unei forțe de origine magnetică sau pseudomagnetică).

Noțiunea de atracție, care implică acțiunea la distanță, este respinsă de Borelli (1608—1679). Dar lucrarea sa *Theoricae Medicearum planetarum ex causis physicis deducta* (Florența, 1666) ține cont de legea inerției. Mișcarea circulară a planetelor atrage după sine existența forțelor centrifuge, care trebuie să compenseze forțele centripete. Legea inerției implică, de asemenea, caracterul infinit și izotrop al spațiului. Borelli se apropie deci de miez, dar nu-l poate atinge, deoarece respinge noțiunea de atracție; de altfel, insuficiența cunoștințelor sale matematice nu i-ar fi permis să tragă din admiterea ei toate consecințele.

După ce am trecut astfel în revistă ideile savanților din secolul al XVII-leă asupra problemei mecanicii cerești, originalitatea gîndirii și a metodei lui Newton poate să apară în cadrul ei. Fără a cunoaște, pe cît se pare, ideile lui Borelli, solitarul din Woolsthorpe valorifică în întregime calculul forțelor centrifuge; el deduce din mișcarea planetelor intensitatea forțelor centripete care compensează forțele centrifuge pentru a menține în permanență acești aștri pe orbitele lor. Găsește astfel că Soarele atrage planetele în raport invers cu pătratul distanței lor de la Soare. Afară de aceasta, comparînd atracția exercitată de Pămînt asupra Lunii și forța gravitației care face să cadă corpurile pe suprafața Pămîntului, el stabilește, în linii mari, identitatea acestor două forțe.

Oricît de genială ar fi această lucrare, caracterul ei incomplet nu poate să-i scape autorului ei, care de altfel nu-i face nici o publicitate; într-adevăr, legea atracției invers proporționale cu pătratul distanței a fost stabilită, presupunîndu-se că mișcarea planetelor este circulară; pe de altă parte, comparația precisă a gravitației terestre și atracției cerești ar fi cerut cunoașterea legii atracției unui obiect (corpul greu) de către o sferă plină (Pămîntul). Ar fi trebuit, de asemenea — chiar dacă acest lucru are o mai mică importanță —, ca savantul să dispună de măsurători precise ale intensității greutății și ale razei Pămîntului.

Gîndirea lui Newton, care-și dezvoltă între timp lucrările de optică, progresează încet în acest domeniu al mecanicii. Totuși, el asimilează, treptat, lucrarea lui Huygens *Horologium oscillatorium* (1673), iar polemicile cu Hooke (1635—1703) îl conduc la reluarea problemei în ansamblu. Într-adevăr, în lucrarea sa din 1674 *An Attempt to Prove the Motion of the Earth from Observations*, Hooke adoptă definitiv legea inerției și reia ideea atracției reciproce a planetelor și a Soarelui, dar fără a putea preciza legea atracției.

În 1680 Newton reia deci explicația mișcării planetelor, dar de data aceasta considerînd că mișcarea este *eliptică* și că ea este provocată de acțiunea unei forțe centrale, atracția exercitată de Soare, asupra mișcării rectilinii care s-ar

produce, dacă inerţia ar acţiona singură. Două rezultate esenţiale îi apar imediat:

1) orice mişcare supusă unei forţe unice şi centrale ascultă de legea ariilor (legea a doua a lui Kepler);

2) dacă acţiunea centrală este invers proporţională cu pătratul distanţei, traiectoria este o conică, avînd unul dintre focarele sale în centrul de atracţie (prima lege a lui Kepler).

El demonstrează de asemenea că, reciproc, legile lui Kepler implică faptul că forţa de atracţie este îndreptată spre focar şi că intensitatea ei este invers proporţională cu pătratul distanţei. În sfîrşit, această lege a atracţiei implică, de asemenea, legea a treia (armonică).

În 1684, în micul său tratat, *De motu*, pe care Halley îl prezintă la Royal Society, Newton enunţă ansamblul acestor rezultate. Dar o verigă esenţială mai lipseşte încă în edificiul teoriei sale şi el o va găsi cu întreaga rigoare abia în 1685: pentru o atracţie invers proporţională cu pătratul distanţei şi numai pentru această lege a atracţiei, atracţia unui corp de către o sferă plină este egală cu cea exercitată de întreaga masă a sferei redusă la centru. Pentru a demonstra acest adevăr, Newton a trebuit să perfecţioneze, sau, mai bine zis, să creeze un nou instrument matematic, *calculul fluxiunilor*, baza calculului diferenţial şi a calculului integral.

În 1685, Newton încheie redactarea operei sale capitale *Philosophiae naturalis principia mathematica*. Între timp, lucrările lui Huygens (asupra măsurării acceleraţiei gravitaţiei) şi ale lui Picard (asupra măsurării razei Pămîntului) îi permit lui Newton să completeze comparaţia efectivă dintre forţele de gravitaţie şi de atracţie. Lucrarea lui, care marchează una dintre culmile istoriei spiritului uman, apare, în sfîrşit, la Londra, în anul 1687. Importanţa ei este atestată de totalitatea lucrărilor succesorilor lui Newton. În astronomie, aproape întreaga operă efectuată în secolul al XVIII-lea va fi centrată pe consecinţele legii atracţiei universale.

Nu putem încheia acest capitol fără a aminti că contribuţia lui Newton în domeniul opticii oferă, de asemenea, astronomiei un nou mijloc de observaţie — telescopul cu oglindă[5] şi perspectiva unei dezvoltări extraordinare: analiza spectrală a luminii, a cărei semnificaţie nu va putea fi înţeleasă decît în secolul al XIX-lea....

DE LA LUNETĂ LA OBSERVATOARE... şi de la Galilei la Newton: aceasta este tinereţea astronomiei moderne care s-a desfăşurat cu elanurile ei entuziaste,

[5] Acest instrument, a cărui teorie fusese expusă de James Gregory în 1663, a fost realizat aproape simultan — şi sub forme învecinate — de către Cassegrain şi Newton. Aceasta din urmă şi-a prezentat instrumentul la Royal Society în februarie 1672. Evoluţia ulterioară a telescopului va fi schiţată în volumul al III-lea, cu prilejul studiului operei lui William Herschel.

fără îndoială și cu erorile ei, dar cu o ardoare și un profit care fac ca ea să fie considerată o mare epocă în istoria descoperirii universului.

De la Kepler la Newton, trecînd prin Huygens și Picard, a avut loc maturizarea științei moderne. Importanța teoretică a operei lui Newton nu trebuie, de altfel, să ne facă să uităm opera multiplă a diverșilor observatori celebri sau modești: de la gloriosul Cassini pînă la Gaultier de la Valette, mai obscur, s-a desfășurat munca colectivă a unui frumos ansamblu de observatori. Cea mai veche dintre științe dă dovadă de o nouă vitalitate. Numele lui Galilei este suficient pentru a aminti că ea rămîne marea liberatoare a rațiunii umane.

LICEUL „GHEORGHE LAZĂR" BIBLIOTECA BUCUREȘTI

CAPITOLUL IV
Naşterea opticii matematice

A. METODELE EXPERIMENTALE ŞI REZULTATELE OBŢINUTE

INSTRUMENTELE OPTICE LA ÎNCEPUTUL SECOLULUI AL XVII-LEA. Cotitura care se produce în dezvoltarea opticii la începutul secolului al XVII-lea este legată, în mare parte, de progresul tehnic — mai modest şi adesea anonim — realizat în fabricarea instrumentelor optice, a lentilelor, microscoapelor, lunetelor astronomice.

Originea lentilelor folosite pentru lunete este aproape necunoscută. Uneori inventarea lor a fost atribuită florentinului Salvino degli Armati (1299). Este mai probabil că introducerea lor se datoreşte unor meşteşugari anonimi. Aceste „lentile de sticlă" convexe, apoi concave („sticle încovoiate") sînt folosite pentru a obţine efecte de mărire şi pentru a corecta vederea. Pînă în secolul al XV-lea, nimeni nu se preocupă de studierea, cît de cît ştiinţifică, a funcţionării lentilelor de sticlă.

Leonardo da Vinci a construit o cameră obscură şi a comparat funcţionarea ei cu funcţionarea ochiului. Pe de altă parte, în secolul al XVI-lea, oglinda concavă a fost folosită ca microscop (Giovanni Roncellai, 1523). În sfîrşit, prin 1550, în Sicilia, F. Maurolico întreprinde un studiu sistematic al prismelor, al oglinzilor sferice şi al mecanismului vederii. Lucrările sale, care au fost publicate de-abia în 1611, le anunţă pe cele ale lui Kepler care pare totuşi să nu le fi cunoscut de loc.

Indiferenţa cu care fizicienii epocii par să trateze lentilele de sticlă se datorează, în bună parte, neîncrederii care însoţeşte rezultatele astfel obţinute. Ele sînt considerate ca nişte artificii care înlocuiesc viziunea simplă şi autentică printr-un climat de iluzie şi de eroare.

Primul tratat sistematic şi larg difuzat asupra lentilelor se datorează napolitanului G.B. della Porta (*Magia naturalis*, ed. II, 1589). Lentila sau *„lens cristallina"* pare chiar să intervină în descrierea unei lunete cu ocular divergent. Prima lunetă cu ocular divergent a fost fabricată în 1590, dar construcţia instrumentelor analoge ia avînt mai ales în Olanda, începînd cu 1604.

În 1610, Galilei atrage atenţia asupra posibilităţilor pe care le oferă luneta cu ocular divergent. Folosind-o pentru observarea fenomenelor cereşti, el pune în evidenţă, între altele, existenţa sateliţilor lui Jupiter. Totuşi rezultatele astfel obţinute sînt contestate de aproape toţi fizicienii. Kepler însuşi

păstrează la început tăcerea, dar în 1610 recunoaște oficial că experiențele lui Galilei sînt justificate. Lucrarea sa, *Dioptrica*, publicată în 1611, tratează optica geometrică a lentilelor, a lunetei astronomice a lui Galilei și a teleobiectivului. Folosirea diafragmelor restrîngînd fasciculele luminoase la razele centrale permite stabilirea unei corespondențe biunivoce între punctul imagine și punctul obiect. În cele din urmă, suspiciunea care înconjura folosirea lentilelor și, în mod cu totul special, folosirea lunetei astronomice, pare să se împrăștie: perfecționarea lunetei va duce la progrese considerabile și imediate ale astronomiei și opticii.

PROGRESUL TEHNICII INSTRUMENTELOR: LUNETA ASTRONOMICĂ, MICROSCOPUL. În pofida faimei de care se bucură descoperirile lui Galilei, luneta astronomică rămîne un instrument destul de rar, iar construcția ei este încă grea. Ea constituie apanajul unor personalități științifice sau al unor opticieni de renume: Descartes, Hooke, Huygens nu disprețuiesc meșteșugul fabricării acestor instrumente delicate, de care se ocupă direct.

Primele unelte astronomice constau din niște lentile încastrate în tuburi de carton care culisau unele peste altele. Locul lor îl vor lua în curînd niște tuburi de alamă, dar pentru creșterea puterii instrumentelor se cere o mărire a distanței focale a lentilelor și deci a lungimii tuburilor. Huygens găsește o soluție a acestei probleme, înlocuind tubul lunetelor astronomice printr-un suport rigid. Dificultățile se limitează astfel la fabricaua lentilelor. De-abia prin 1660 progresul tehnicii șlefuitului permite obținerea unor obiective mari.

Pare foarte naturală aplicarea principiului lunetei astronomice la construirea lentilelor care permit observarea obiectelor mici. Într-adevăr, o distincție netă între microscop și lunetă nu apare decît treptat. La început, se pare că același sistem optic trebuia să slujească pentru scopuri diverse după mici modificări de detaliu.

Primele microscoape apar în jurul anului 1615, dar în cursul primei jumătăți a secolului al XVII-lea rămîn în stadiul de prototipuri. Cel mai celebru dintre ele este, fără îndoială, impunătorul microscop al lui Descartes cu lentila hiperbolică. Fabricarea microscoapelor este însoțită de dificultăți și mai mari decît construirea lunetelor. Într-adevăr, mediocritatea calității sticlei se repercutează asupra claritățiii imaginii: aberația cromatică face să se obțină imagini confuze, fapt care nu-i stimulează pe constructori să dea anvergură unei industrii destul de puțin rentabile.

O micrografie adevărată apare de-abia în jurul anului 1660, cu lucrările lui Hooke (*Micrographia*, Londra, 1665), apoi ale lui Swammerdam, ale lui Malpighi și, în sfîrșit, ale lui Leeuwenhoek. Acum, interesul pentru observațiile realizate cu ajutorul microscopului crește și, la sfîrșitul secolului al XVII-lea, construcția microscoapelor capătă o mare extindere.

Microscoapele *simple* (adică cele prevăzute cu o singură lentilă) par să dea în această epocă rezultate satisfăcătoare. Leeuwenhoek folosește microscoape simple de mici dimensiuni. Acest gen de instrument devine foarte curent în timpul ultimilor ani ai secolului, adăugîndu-i-se unele accesorii care înles-

nesc folosirea lui: un suport orientabil, o placă turnantă. Se folosesc uneori mici sfere de sticlă pentru a înlocui lentilele de mici dimensiuni, a căror fabricare rămîne dificilă.

Pe de altă parte, la jumătatea secolului al XVII-lea se construiesc, de asemenea, microscoape *compuse*. Fraţii Huygens fabrică la această epocă microscoape cu trei lentile: un obiectiv, un ocular şi o lentilă de cîmp. Aceste lentile sînt montate în două tuburi culisante. Hooke face observaţii cu microscoape compuse de acest tip prevăzute cu cîteva tuburi culisante care pot căpăta o înclinaţie mai mare sau mai mică. Puterea lor de mărire este de 30-40.

Treptat, în fabricarea microscoapelor compuse se introduc perfecţionări importante. În 1668 se foloseşte un ocular format din două lentile plan-convexe, iar spre sfîrşitul secolului al XVII-lea se ajunge la construirea microscoapelor cu rotulă, care permit înclinarea suportului în toate direcţiile. Se fabrică, de asemenea, microscoape cu şurub de rapel, apoi cu şurub micrometric, ceea ce uşurează punerea la punct, pînă atunci laborioasă şi lipsită de precizie. Se cunoaşte, de asemenea, un microscop binocular — dar unul singur — fabricat în 1722, pe baza indicaţiilor părintelui Cherubini.

DATELE EXPERIMENTALE LA SFÎRŞITUL SECOLULUI AL XVI-LEA. Încă din antichitate erau cunoscute calitativ proprietăţile fundamentale ale razelor luminoase: propagarea rectilinie, reflexibilitatea, refrangibilitatea. Foarte devreme s-a ajuns la folosirea proprietăţilor lentilelor şi ale oglinzilor sferice, ale fenomenelor de dispersiune prin prismă; experienţe în legătură cu acestea sînt descrise în *Catoptrica* lui Euclid şi în *Optica* lui Ptolomeu şi a lui Damianus (v. vol. I, pp. 352—353). Din păcate, unele noţiuni greoaie care intervin în aceste lucrări nu permit obţinerea unei simplificări a datelor experimentale şi, bineînţeles, a vreunui rezultat cantitativ.

Acest insucces se perpetuează cînd Alhazen propune, la începutul secolului al XI-lea, o explicare mecanicistă a reflexiei luminii în cazul oglinzilor plane şi sferice (v. vol. 1, pp. 502—504). El încearcă chiar o interpretare interesantă a refracţiei, dar nu reuşeşte să ajungă la o concluzie precisă.

La începutul secolului al XIII-lea asistăm totuşi la un fel de cotitură în domeniul lucrărilor experimentale. Experienţele se înmulţesc, sînt folosite camerele obscure, prismele, lentilele, oglinzile de toate tipurile. Dar, deşi folosirea lentilelor este cunoscută, funcţionarea lor nu este explicată. Este adevărat că Bacon indică construcţia geometrică a punctului focal obţinut cu o lentilă convexă prin care trec razele soarelui. Legea generală a fenomenului rămîne însă necunoscută (vezi vol. I, pp. 608—610).

În 1593, della Porta încearcă să explice refracţia luminii într-un mediu limitat de o suprafaţă plană (*De refractione*). El se loveşte de serioase dificultăţi din pricina impreciziei noţiunilor pe care le introduce şi mai ales a mecanismului observării la care recurge. Ca urmare, pînă la începutul secolului al XVII-lea, se pare că fizica experimentală nu izbuteşte să pună corect problemele care o preocupă, deşi se bănuiesc unele trăsături ale soluţiilor care li se pot da.

PROGRESELE REALIZATE ÎN TEHNICA EXPERIMENTALĂ ȘI ÎN INTERPRETAREA REZULTATELOR OBȚINUTE. Kepler reușește să desprindă din experiență elementele fundamentale care aveau să servească la precizarea legilor opticii geometrice. În tratatul său *Ad Vitellionem paralipomena*, 1604, el înșiră, în cîteva propoziții, principiile care stau la baza propagării în linie dreaptă a luminii. În funcție de aceasta, el propune o teorie a imaginilor obținute prin reflexie și prin refracție, teorie modernă prin concluziile care decurg din ea și mai ales prin noțiunile cu care operează: fiecărui punct obiect putem să-i facem să-i corespundă un punct imagine. Această imagine poate fi „intențională", adică „virtuală", dacă raza pe care o primește observatorul a fost frîntă printr-o reflexie sau printr-o refracție;în acest caz, imaginea se construiește în prelungirea rectilinie a razelor efectiv primite. Dar, în pofida unui studiu amănunțit al fenomenelor refracției, Kepler nu reușește să determine legea lor exactă. Totuși el constată existența unei proporționalități între unghiurile de incidență și de refracție pentru unghiuri mici de incidență. Fără a fi rezolvată, problema este, în sfîrșit, corect pusă.

Folosind metode analoge, Kepler reușește să dea o explicație corectă fenomenului vederii. Pentru aceasta el disociază funcția ochiului, ca instrument optic, de intervenția complexă a observatorului. Separînd problema optică de cea fiziologică, care îi este totdeauna asociată, el poate să aprecieze rolurile de diafragmă și de ecran pe care-l au respectiv pupila și retina. El arată, în sfîrșit, în ce fel folosirea ochelarilor poate să corecteze anomaliile vederii.

Kepler a reușit să formuleze principiile care permit edificarea opticii geometrice, fără a preciza însă forma legilor sale. Expresia corectă a legii refracției pare să fi fost găsită — nu însă publicată — de Willebrord Snell (Snellius, 1580—1626). Isaac Voss (1618—1689) a enunțat-o pentru prima dată, dar într-un mod strict empiric: „Drumul parcurs în același timp în două medii se află într-un raport constant egal cu raportul cosecantelor celor două unghiuri".

În *Dioptrica*, pe care o publică în 1637 ca anexă la *Discurs asupra metodei*, Descartes nu menționează lucrarea lui Voss și înlocuiește raportul sinusurilor cu cel al cosecantelor. Această lege poate constitui obiectul unei demonstrații bazate pe principiile mecanicii. La început, Descartes studiază reflexia luminii pe o suprafață plană, comparînd acest fenomen cu săritura unei bile elastice. Descompunerea vitezei în componentele verticală și orizontală îl conduce la o concluzie corectă: unghiurile de incidență și de reflexie sînt egale. Un procedeu analog este folosit pentru refracția luminii printr-o suprafață plană: dacă mediile transparente lasă să treacă particulele luminoase, modificînd componenta verticală a vitezei lor, se obține legea sinusurilor.

Fermat a adus o critică foarte judicioasă metodei lui Descartes. Obiecția sa cea mai importantă se referea la faptul că demonstrația lui Descartes pornește de la ipoteza, puțin verosimilă, a propagării mai lente a luminii în aer decît în apă sau în corpurile dense. În pofida caracterului destul de paradoxal al acestei ipoteze, Fermat a crezut, la început, că „este inutil să cauți o alta, deoarece natura însăși se pronunța atît de clar în favoarea ei". Totuși, călăuzit de principiul extremului său al „celui mai mic timp", el reușește să demon-

streze legea sinusurilor, admițînd că, dimpotrivă, lumina se propagă mai lent în mediile mai dense. În felul acesta, optica geometrică începe să-și afirme principiile, care vor fi completate prin descoperirea dublei refracții de către Bartholin și Huygens și prin studiul fenomenelor de dispersie întreprins de Newton.

Pe de altă parte, în a doua jumătate a secolului, optica fizică capătă o importanță din ce în ce mai mare. Progresele experimentale datorate perfecționării aparatelor asigură observații de o calitate mai bună care, la rîndul lor, favorizează tehnica experimentală. Ipoteze de lucru mai coerente permit să se aleagă din multitudinea de observații posibile elementele semnificative. În 1665, în lucrarea sa *De Lumine* Grimaldi pune în evidență fenomenul de difracție. În același timp, experiențele lui Newton cu lamele subțiri, lucrările lui Hooke și ale lui Huygens din domeniul producerii interferenței îmbogățesc într-un fel neașteptat datele experimentale. În sfîrșit, dezvoltarea calculului infinitezimal permite construirea unei adevărate optici matematice care își propune să interpreteze ansamblul acestor fenomene. Această interpretare se va dovedi strîns legată de ipotezele care pot fi emise asupra naturii luminii.

B. TEORIILE DESPRE NATURA LUMINII

MOȘTENIREA TEORETICĂ PRIMITĂ DE SECOLUL AL XVII-LEA: NATURA LUMINII ȘI TEORIILE ELEMENTELOR. Potrivit celor mai vechi tradiții, lumina este o substanță a cărei formă originară o constituie focul. Gradul de materialitate al acestei substanțe rămîne, de altfel, extrem de variabil, iar rolul ei este mai mult sau mai puțin proslăvit. Ea poate fi substanța unică, generatoare a tuturor lucrurilor, substanță ale cărei transformări constituie culorile și asigură unitatea fizicii. Acestea sînt părerile școlii din Milet (secolul al VI-lea î.e.n.) și ale fizicii lui Heraclit din Efes, care ne-au parvenit cu numeroase variante.

Abordate mai modest, substanța foc sau substanța lumină poate constitui unul dintre cele patru elemente și poate forma, prin combinare cu celelalte trei, culorile care caracterizează obiectele. Această doctrină, care provine probabil de la Empedocle, a intrat în tradiția populară înainte de a servi ca temă fizicii lui Aristotel.

Pentru Aristotel, focul constituie lumina în stare pură, iar strălucirea cerului este un foc deja diluat și întinat de alte elemente. În natură nu putem cunoaște lumina decît sub aspectul culorilor, care sînt o alterare a luminii.

În mod practic, fizica lui Aristotel, și în special concepția sa despre culori, se limitează la dezvoltarea unei teorii a aparențelor. Școala stoică, grefînd pe aceste tendințe noțiunea de „simpatie", diminuează și mai mult eficiența acestei concepții. Traversată de disidențele generate de teoria corpusculară a lui Democrit, de doctrinele lui Heraclit sau de cele ale lui Platon, reînvierea scolastică a teoriilor antice în evul mediu oferă un ansamblu de concepții

eterogene și adesea contradictorii asupra naturii luminii. Lumina, suflu material, dar și cvasivital, foc vizual înnoit prin influențe mistice, se degradează în culori; nu se încearcă precizarea mecanismului acestor alterări.[1]

NATURA LUMINII ȘI TEORIILE CORPUSCULARE. Aproape tot atît de veche ca teoria „principiului unic" sau a elementelor, concepția naturii „corpusculare" a luminii a existat în India, fiind favorizată de doctrinele materialiste anterioare brahmanismului. În această cencepție, culoarea este proprietatea esențială a atomilor.

Atomismul grec este aproape totdeauna substanțialist. La 100 de ani după debutul fizicii, dezvoltate la Milet, Anaxagora afirma că orice calitate formează elemente riguros originale și imposibil de descompus, „homeomeriile". Pornind de la acest atomism al calităților, evoluția teoriilor asupra luminii va urma două direcții foarte diferite:

Într-un caz se renunță la diversitatea calitativă, pe care o prezintă între ele homeomeriile. Singurele lor proprietăți vor fi întinderea și mișcarea. Așa afirmă teoria atomică a lui Democrit.

Într-un alt caz se va încerca, dimpotrivă, regruparea acestor calități elementare în edificii indestructibile, care reconstituie microobiectele. Acesta este sensul fizicii lui Epicur[2].

Teoria luminii prezenta la Democrit un aspect remarcabil de simplu. Ea presupunea existența unor corpusculi rotunzi, indivizibili, lipsiți de orice proprietate sensibilă. Pe de altă parte, între obiect și ochi se interpune întotdeauna un fluid, în speță, aerul, deoarece Democrit nu a căutat niciodată un fluid dincolo de aer. Lumina nu constă dintr-o substanță specifică, ci rezultă dintr-o acțiune specifică. Ea corespunde unor rarefieri ale aerului produse și transmise prin acțiuni mecanice și corpusculare.

Conținutul acestei teorii este suficient de vag pentru a lăsa loc unui mare număr de varietăți legate de tendințele filozofice care animă pe autorul teoriei. Astfel, Platon presupune că vederea rezultă din întîlnirea unei raze pornite de la ochi cu particule emise de corp. Existența unei raze pornite de la ochi este admisă de toți gînditorii antichității, printre care și Pitagora. Teoriile pitagoreice, în special cea a lui Euclid, au ajuns, de altfel, în domeniul opticii geometrice la concluzii cît se poate de îndreptățite. Pentru Platon, această rază — sau focul vizual — este formată din particule mai mici sau mai mari decît corpusculii emiși de obiectele materiale. Impresiile luminoase, negrul, albul și diverse alte culori rezultă din dimensiunile relative ale corpusculilor emiși de obiecte și ale particulelor de foc vizual.

Teoria lui Epicur, popularizată mai tîrziu de Lucrețiu, are o orientare cu totul diferită: suprafața corpurilor emite mereu corpusculi mici și rapizi, care străbat aerul, păstrînd forma corpurilor din care provin. Acestea sînt „simulacrele" care produc imaginea atunci cînd ele întîlnesc ochiul.

1 V. vol. I., p.608.

2 Vezi, de asemenea, în vol. 1, studiile lui CH. MUGLER (pp4 250—253) și J. ITARD (pp.352—353).

Această teorie a lui Epicur nu are în ea nimic ştiinţific. Mărunţind experienţa, fărîmiţînd-o în microobiecte, ea se limitează să înzestreze lucrurile cu posibilităţi de transportare clandestină, fără a încerca să analizeze datele imediate ale experienţei.

În secolul al XI-lea, o dată cu Alhazen, apoi în secolele XII şi XIII renasc, foarte timid, teorii cu aspect cît de cît ştiinţific. Aceste tentative de autonomie cîştigă prea puţini adepţi şi, înainte de Renaştere, majoritatea teoriilor corporale ale luminii continuă să se dezvolte după principiile lui Aristotel. Pînă la sfîrşitul secolului al XVI-lea, teoria luminii este astfel jalonată de tentative interesante, de pildă cea a lui della Porta, dar incapabile de a enunţa corect problemele care se pun şi a le da o rezolvare precisă. Pînă la lucrările lui Kepler se încearcă efectuarea şi descrierea unui mare număr de experienţe, dar ele sînt prost interpretate şi, de altfel, destul de puţin interpretabile.

CONCEPŢIILE DESPRE NATURA LUMINII LA ÎNCEPUTUL SECOLULUI AL XVII-LEA. La sfîrşitul secolului al XVI-lea, problema naturii luminii se punea în termeni care lăsau să se întrezărească, în bună parte, concepţiile noastre actuale. În majoritatea tratatelor epocii, fizicienii par să se întrebe dacă lumina este un corp sau mişcarea unui corp.

Pentru noi, aceste expresii rămîn vagi şi într-o anumită măsură decepţionante. Sîntem totuşi tentaţi să le apropiem de propriile noastre preocupări cu atît mai mult cu cît ele par să se apropie de fizica noastră modernă; dacă lumina este un corp, nu avem oare în faţa noastră în germene teoriile corpusculare? Dacă ea este mişcarea unui corp, nu este oare vorba de începutul teoriilor asupra eterului?

Această filiaţie este însă în mare parte inexactă. Folosind denumirea de „corp" şi calificativul „corporal", putem să înţelegem prin aceasta că lumina este de aceeaşi natură ca şi materia, deosebindu-se doar prin dimensiuni. Dar putem considera, de asemenea, că lumina este o substanţă de o natură specifică fără a avea caractere comune cu materia, afară de caracterul însuşi de realitate substanţială. Această opinie lasă să subsiste destule nedumeriri. Or, nematerialitatea a părut multă vreme să fie o definiţie cu totul negativă, dar eficientă a eterului. Afirmaţia că lumina este o realitate substanţială nematerială duce imediat la acest gen de teorii.

Pe de altă parte, ce se înţelegea prin definirea luminii ca mişcare a unui corp? Înainte de lucrările lui Huygens asupra mişcărilor vibratorii, se introduceau în această teorie noţiuni de comprimare, de dilatare, de variaţie în jurul unei poziţii medii, care mai păstrează încă numeroase trăsături provenite din teoriile corpusculare. În sfîrşit, se făcea apel de foarte multe ori la mişcările de ansamblu ale unor fluizi a căror natură rămîne neclară. Aceste teorii nu se deosebesc profund de teoriile zise „corporale" şi se asociază cu cohorta teoriilor corpusculare.

Astfel, lumina neputînd fi o mişcare independentă a mediului pe care o transmite, teoriile cinetice asociază, în mod inevitabil, aceste două elemente. În funcţie de accentul acordat uneia dintre ele, în detrimentul celuilalt, se obţine o deplasare uşoară a sensului teoriei. Abia o dată cu clarificarea

noțiunii de vibrații fără transport de materie, teoriile asupra eterului vor căpăta o adevărată autonomie. De aceea, pînă la epoca lui Newton, teoriile asupra luminii nu sînt nici pur cinetice, nici pur corpusculare.

TEORII PRECARTEZIENE. Spunînd că lumina este un corp, fizicienii din perioada precartezianã subînțeleg adesea că ea este un element, o substanță continuă. Ei reiau astfel idei apropiate de concepțiile aristotelice, considerînd lumina un foc, a cărui natură rămîne vagă, dar necorpusculară.

De pildă, pentru Antonie de Dominis (1611) lumina pare a fi un element substanțial, ceva ce se adaugă corpurilor și dă naștere culorilor lor. Cînd este pură, ea are aspectul focului, dar își poate pierde scînteierea, devenind culoare albă. Ea produce, de asemenea, toate celelalte culori, amestecîndu-se cu impurități materiale.

Concepțiile lui Isaac Voss (1648) sînt foarte apropiate, deși pentru el întrepătrunderea razelor și focalizarea lor par să fie argumente suficiente în favoarea naturii nemateriale a luminii. Natura luminii constă în foc, dar, contrar părerii anticilor — a lui Aristotel și a stoicilor —, acest foc nu este un element. Lumina este totuși tot atît de reală ca și sunetul sau mirosul: ea constă dintr-o căldură datorită zguduirii corpurilor solide; ea este, spune Voss, „actul care dizolvă corpurile". Ea parcurge vidul într-un fel instantaneu și invizibil și devine din nou vizibilă în corpurile solide.

Teoria lui Voss nu este o teorie corporală a luminii, în sensul că ea face o distincție între lumină și materia care constituie corpurile pe care le cunoaștem. Dar ea nu este o teorie cinetică: a spune că lumina este o căldură nu înseamnă a o asimila cu un mediu, a susține că ea este produsă prin zguduirea corpurilor solide nu înseamnă a o face sediu al unor vibrații.

În aceeași epocă se precizează concepțiile cinetice asupra luminii. Potrivit acestora, lumina rezultă din mișcarea unor medii substanțiale, dar nu neapărat materiale. Progresul va consta într-o măsură esențială în precizarea naturii acestei mișcări care rămîne foarte diferită de deplasarea globală căreia poate să-i fie supus un corpuscul. Astfel, teoria lui Marcus Marci (*Thaumantias liber de arcu coelesti*, Praga, 1648) consideră că lumina este rezultatul condensărilor și dilatărilor unui mediu nematerial, a cărui natură nu este precizată.

Dar majoritatea teoriilor cinetice admit, cel puțin implicit, natura materială a mediului, care nu se deosebește de materia obișnuită decît prin gradul de subtilitate. Un progres hotărîtor în aceste teorii pare să se realizeze atunci cînd lumina este asemănată cu sunetul care, după cum se știe la acea epocă, se datorează zguduirii aerului. Leonardo da Vinci pare să bănuiască această înrudire, iar Galilei vorbește explicit despre ea.

Pentru Galilei, toate efectele fizice și în special toate efectele optice au, în mod necesar, cauze cinetice. Ca și sunetul, dar avînd o viteză de propagare superioară, lumina presupune mișcarea unui mediu. În ce constă această mișcare? Oare în ciocniri ale particulelor solide care formează mediul? Rezultă din fenomene ondulatorii? Galilei rămîne nehotărît. Optica sa rămîne de altfel destul de fragmentată.

OPTICA LUI DESCARTES. Unul dintre principiile fundamentale ale filozofiei lui Descartes constă în presupunerea că proprietatea esențială a materiei este întinderea[3]. Reciproc, orice întindere nu poate fi decît materie. Întregul univers este deci o juxtapunere de materii diferite, a căror finețe este extrem de variabilă, dar a căror natură rămîne în esență identică. Angrenarea acestor materii subtile diferite, întrepătrunderea lor se realizează prin vîrtejuri și produce toate fenomenele fizice.

Între Soare și ochi se întinde o materie subtilă formată din mici sfere de mărime invariabilă, care se ating ca niște grăunțe bine tasate. Niște corpusculi mai mici și întotdeauna divizibili prin întîlnirea cu alte corpuri tind să se desprindă de Soare și de orice corp luminos. Neîntîlnind nici un vid, ei nu pot decît să comprime sistemul intermediar. Asupra acestui mediu se va exercita deci o forță „oarecum tremurătoare". Ea „se întărește și slăbește prin mici zguduituri". În contact cu corpurile solide, care sînt totdeauna poroase, corpusculii mediilor fine vor fi refractați și transmiși mai departe, dacă porii sînt destul de largi și destul de numeroși. Ei vor fi, dimpotrivă, reflectați dacă deschizăturile sînt rare și mici.

Astfel, lumina nu este o adevărată mișcare, ci o tendință, un *conatus ad movum:* o presiune. Fiind produsă de variații ritmice ale presiunii înlăuntrul unui fluid incompresibil, ea se propagă instantaneu.

„Ea nu este altceva, explică Descartes, decît o anumită mișcare sau o acțiune foarte rapidă și foarte vie, care merge spre ochii noștri prin intermediul aerului, sau al altor corpuri transparente la fel cum mișcarea sau rezistența corpurilor pe care le întîlnește un orb trece în mîna sa prin intermediul bastonului său."

Teoria lui Descartes, plină de medii materiale și corpusculare, este considerată adesea incompatibilă cu concepțiile esențiale care trebuie să inspire o teorie a eterului. Acest punct de vedere este irevocabil, dacă se postulează că proprietățile de continuitate sau de discontinuitate sînt în mod necesar legate de concepțiile cinetice sau corpusculare asupra luminii. În realitate, marea diversitate care există între orientările posibile ale opticii provine din felul cum se concepe propagarea fenomenelor luminoase, adică rolul care se atribuie mediului. În acest caz, teoria lui Descartes este, fără îndoială, legată de teoriile eterului: un eter material, dar al cărui rol este acela al unui mediu. Dacă nu există o mișcare bine definită în jurul unei poziții medii, există esențialul: această presiune „oarecum tremurătoare", pe care o transmite instantaneu un intermediar imobil.

Optica lui Descartes nu este lipsită de legătură cu experiența, dar experiența intervine în acest caz ca o verificare necesară a unei evidențe aprioriice. Ca și Gassendi, Descartes vede în fenomenele de reflexie și refracție un caz particular al ciocnirii corpurilor. El demonstrează legile reflexiei prin exemplul respingerii unei bile elastice. Un studiu analog asupra refracției îl conduce la legea sinusurilor.

[3] Vezi studiul de R.DUGAS și P. COSTABEL pp. 275—278.

Am văzut că Fermat a respins ipoteza lui Descartes, potrivit căreia mediile cele mai dense opun mișcării luminii o rezistență mai slabă decît aerul și corpurile rare.

O a doua obiecție, profund principială de data aceasta, este legată pentru el de caracterul figurat al fizicii carteziene. O explicare a reflexiei, bazată pe comparație, i se pare arbitrară. Ostilitatea lui Fermat față de ipotezele mecaniciste este destul de neașteptată într-o epocă mult anterioară celei a lui Newton; este destul de curios să ne gîndim că, după o jumătate de secol, Newton va fi criticat de pe poziții direct opuse: se va spune că fizica lui este descriptivă sau chiar scolastică, pentru că ea nu cunoaște vîrtejurile.

În realitate, slăbiciunea fizicii lui Descartes este legată de abuzul de certitudini constitutive. Siguranța prezumțioasă a fizicii sale are ca izvor folosirea unei metode deductive, capabilă, în sine, să explice întregul univers. La douăzeci și cinci de ani după moartea lui Descartes, măsurarea vitezei luminii, efectuată de Römer (1675), avea să dea o lovitură distrugătoare unei concluzii esențiale a metodei: transmiterea instantanee a fenomenelor luminoase. Tot în această epocă, descoperirea dispersiei avea să zdruncine temeliile însești ale opticii carteziene.

TEORIA VIBRATORIE A LUI MALEBRANCHE. CULOARE ȘI „PROMPTITUDINE". Sfîrșitul secolului al XVII-lea vede născîndu-se în optică descoperiri importante care aveau să aibă o repercusiune imediată asupra teoriilor luminii.

În 1665, Grimaldi descoperă fenomenul difracției luminii. Tot atunci, Hooke studiază în Anglia colorarea lamelor subțiri. Dubla refracție este descoperită după patru ani de Erasm Bartholin, apoi studiată de Huygens. În sfîrșit, în 1675, Römer, observînd sateliții lui Jupiter, arată că propagarea fenomenelor luminoase se desfășoară într-un timp finit și determină viteza lor.

Această perioadă de mari succese experimentale este epoca tinereții lui Newton. În Franța, cartezianismul își mai menține întreaga sa vigoare. Malebranche încearcă să-l compare cu teoriile vibratorii care încep să cîștige o anumită notorietate după apariția lucrărilor lui Grimaldi, Hooke și Huygens.

Discipol al lui Descartes, Malebranche (1638—1715) se deosebește considerabil de maestrul său prin unele aspecte ale filozofiei sale. S-a spus că Malebranche a substituit ideea unei inteligibilități esențiale clarității agnostice care constituie fondul cartezianismului. Este cert că inteligibilitatea nu exprima pentru el realitatea lucrurilor, ci doar maniera noastră de a fi. „Numai credința — scrie el — poate să ne convingă că există corpuri".

În optică, Malebranche începe prin a adopta teoria mediilor subtile, precizînd-o întrucîtva. El admite că lumina constă dintr-o presiune a cărei propagare este instantanee. Dar această presiune nu este constantă. Ea trece prin variații periodice. Așadar, prin intermediul unor diferențe de presiune analoge vibrațiilor, teoria lui Descartes se va transforma într-o teorie a vibrației mediilor naturale.

Un al doilea progres va consta în privarea mediilor subtile ale lui Descartes de caracterul pur material pe care ele l-au păstrat. Pentru a explica coeziunea

corpurilor, Malebranche presupune că ele sînt supuse presiunii exterioare a unei materii invizibile și agitate. Fără acest eter, orice corp ar fi fluid. Al doilea element al lui Descartes, acest eter, care este format din bile rigide și strînse, se compune deci, în realitate, din niște sfere moi, care pot forma între ele însele mici vîrtejuri; el se apropie astfel de eterul solid și elastic al lui Huygens.

Dar oricare ar fi perfecționările aduse structurii eterului și mișcărilor lui, teoria lui Malebranche rămîne multă vreme credincioasă principiilor esențiale ale teoriei carteziene. Lumina este o senzați e excitată de vibrații foarte repezi ale presiunii. Caracterul „tremurător" al presiunii carteziene s-a accentuat, transformîndu-se într-o adevărată vibrație. În obscuritate, eterul subtil exercită o presiune asupra retinei, dar într-un mod uniform, și această presiune invariabilă nu este resimțită ca o lumină.

Spre sfîrșitul vieții sale, teoriile lui Malebranche s-au modificat simțitor. În jurul anului 1712 el citește *Opticks* a lui Newton, pe care n-o cunoscuse încă. Pe atunci, teoria sa a culorilor era deja constituită. El reușise să lege fiecare culoare pură de o vibrație cu o promptitudine (adică frecvență) dată. Teoria newtoniană a dispersiei îl silește deci să conchidă că, de fapt, culoarea albă se formează prin suprapunerea unor serii de vibrații cu promptitudini diferite. Esența principiilor carteziene nu pare sensibil zdruncinată de această constatare și Malebranche mai încearcă să explice legile reflexiei și ale refracției printr-o structură a eterului bazată pe vîrtejuri.

Malebranche a reușit deci să rețină partea cea mai trainică a fiecărei teorii, să împace principiile cartezianismului cu rezultatele dispersiei. El se ralizează, în cele din urmă, la ipoteza unei propagări finite a luminii. Vom reveni la teoria sa a culorilor, partea fundamentală a operei sale.

FENOMENELE DE DIFRACȚIE. TEORIILE ETERULUI VIBRANT. Părintele Pardies și Hooke, contemporani ai lui Malebranche, încearcă să dezvolte optica lui Grimaldi într-o adevărată teorie a eterului.

Concepțiile lui Grimaldi se bazau pe existența fenomenelor de difracție, pe care el însuși le-a pus în evidență. Experiențele sale îl conduc la ideea că noțiunea de rază luminoasă, bază a întregii optici geometrice, nu este totdeauna suficientă. „Există — scrie el — un al patrulea mod de propagare a luminii: propagarea prin difracție, diferită de cele trei moduri cunoscute pînă acum" (propagare directă, reflexie și refracție). Corpurile zise opace pot transmite lumina pe marginile lor. Ea trebuie deci să se propage într-un timp finit, dar imperceptibil. Iată de ce este atît de greu s-o facem să devieze".

Lumina este un corp diferit de materie nu numai prin subtilitatea sa, ci și prin proveniența sa. Ea poate fi comparată cu sunetul, fiind produsă printr-o agitație ritmică a unei substanțe. În felul acesta, optica lui Grimaldi înclină spre o teorie a eterului: „Lumina — scrie el — este un fluid care se mișcă extrem de repede și într-un mod cîteodată vibrator prin corpurile transparente".

După Grimaldi, teoriile eterului vor deveni mai materialiste și mai precise, apropiindu-se în acest sens, de teoriile carteziene. Originalitatea lor constă în explicitarea mișcării care animă mediul material. Rămasă la Descartes

în stare de tendință, această mișcare devine, după teoriile lui Malebranche și ale lui Grimaldi, o adevărată vibrație, dar modul ei de propagare mai este destul de neclar.

Ca și Descartes, Hooke recunoaște două realități primordiale: materia și mișcarea. Aceste două realități nu sînt asociate ca substanță cu calitatea: ele sînt, în fond, de aceeași natură și se pot substitui una alteia. Această concepție, uimitor de originală, nu putea fi la acea epocă decît un balon de încercare. Cu toate acestea, ea a împins fizica lui Hooke spre două consecințe esențiale:

În primul rînd, eterul purtător de lumină și nematerial al lui Grimaldi este înlocuit printr-un fluid material. În al doilea rînd, distincția dintre materie și lumină se bazează pe diferența dintre vibrațiile care caracterizează particulele lor.

Această idee este atît de promițătoare, în ceea ce privește teoriile noastre moderne, încît uneori i se atribuie mai mult decît afirma ea. Lui Hooke îi lipsea o definiție corectă a energiei cinetice (pe care a dat-o efectiv Huygens) și mai ales ideea existenței unei cuante de acțiune, a unei lungimi de undă pentru a explica legătura dintre vibrație și particulele materiale. Hooke nu introduce nici o concepție corpusculară. Materia și lumina sînt, pur și simplu, două aparențe pe care poate să le îmbrace o mișcare vibratorie.

Caracterul ondulatoriu al propagării luminii este provocat de zguduirea unui mediu. Această zguduire se propagă prin pulsații uniforme perpendiculare pe direcția de propagare. Această ipoteză, reluată de Fresnel, va deveni baza teoriilor ondulatorii ale luminii.

Reflexia, refracția și colorația se explică prin orientarea inegală a vibrațiilor în corpurile transparente. În acest punct, teoria lui Hooke se dovedește a fi inferioară explicațiilor lui Huygens. Afară de aceasta, Hooke admite o propagare instantanee a fenomenelor luminoase și multă vreme îi opune lui Newton o teorie a culorilor fundamental inexactă.

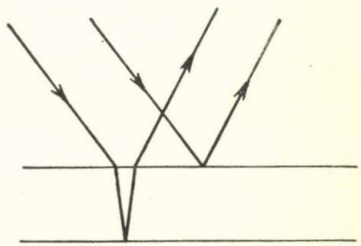


FIG. 24. REFLEXIA ȘI REFRACȚIA PE O LAMĂ SUBȚIRE

Teoria sa, a dublei refracții, se bazează pe ipoteza unei disimetrii în mișcarea vibratorie a luminii. O rază luminoasă prezintă două fețe, ale căror vibrații se efectuează în două direcții opuse. Acestei dualități în vibrații îi corespunde descompunerea unei raze prin spat și, de asemenea, prezența a două culori fundamentale în descompunerea luminii albe.

Colorarea lamelor subțiri se explică printr-un raționament care este un curios amestec de concepții cvasimoderne și de idei căzute în desuetudine (fig. 24).

Procesul trecerii printr-o lamă produce o întîrziere a razei reflectate de către fața ei posterioară și o slăbește în același timp. Raza reflectată pe fața anterioară rămîne mai intensă și după recombinarea acestor două raze o parte „tare" (adică mai intensă) o ia înainte. Dacă decalajul în timp este imperceptibil ochiului, vom avea impresia unei raze unice a cărei parte tare este prima, ceea ce, prin definiție, dă culoare roșie. Dacă decalajul este simțitor, raza slăbită nu mai este confundată cu raza intensă care o precede, ci cu cea care o urmează, reflectată ulterior pe prima față. Vom avea deci de data aceasta impresia unei raze unice, în care partea slabă merge în față, deci prin definiție ea va fi de culoare albastră. Această teorie fiziologică a coloratiei posedă gravul defect de a nu fi cantitativă. Și în această privință, teoria lui Newton va constitui un progres considerabil.

Alături de lipsurile sale evidente, teoria lui Hooke cuprinde unele observații care fac din autorul ei un adevărat precursor. Ipoteza vibrațiilor transversale nu este cea mai mică realizare a lui Hooke, deși el nu a putut să bănuiască importanța ei. Putem, de asemenea, să considerăm că eterul lui Hooke, mai puțin precis decît cel al lui Huygens și definit mai ales ca un suport al vibrațiilor, se apropie poate mai mult de concepțiile moderne, care au precedat nemijlocit teoria relativității restrînse.

Teoria lui Huygens are multe legături cu cea a părintelui Pardies și cea a lui Hooke, lucru pe care de altfel îl explică frecventele contacte dintre acești fizicieni.

„Lumina — scrie Huygens la începutul *Tratatului despre lumină* (1690) — constă într-o mișcare a materiei care se află între noi și corpul luminos". Huygens precizează apoi că lumina este analogă sunetului și se propagă într-un eter în mod necesar material, deoarece el pune în mișcare alte substanțe materiale. Dar acest eter nu este aruncat ca o minge; el este sediul unor adevărate mișcări vibratorii.

Huygens se preocupă apoi să determine, în mod amănunțit, structura eterului, presupunînd că el se compune din mici particule foarte dure și elastice. Această elasticitate se datorează existenței probabile a unui al doilea mediu, și mai fin, ale cărui particule, mișcîndu-se rapid, străbat primul mediu și-i conferă această calitate. În aceste eforturi de a da o explicație pozitivă, recunoaștem influența lui Descartes. Notăm totuși inexistența porilor și a canalelor: această materie eterată umple spațiile intermediare ale materiei brute, care este continuă numai în aparență.

Fiecărei particule de eter i se aplică legile ciocnirii. Toate punctele unei unde pot fi sediul unei noi zguduiri. Înfășurătoarea lor constituie o suprafață de undă susceptibilă de a se propaga pînă la infinit.

Cu ajutorul ipotezei ondulațiilor, Huygens demonstrează legile reflexiei, ale refracției și ale dublei refracții. Lumina se propagă, în general, prin unde sferice, dar cu viteze variabile în două medii diferite. Faptul acesta este suficient pentru a determina raza de propagare și legea sinusurilor printr-o

construcție binecunoscută. Refracția extraordinară care se produce în unele cristale rezultă dintr-o propagare prin unde eliptice.

Teoria ondulatorie a lui Huygens, mai detaliată și mai cantitativă decît cea a lui Hooke, realizează în multe privințe un progres evident. Huygens a știut să evite unele erori, de exemplu, propagarea instantanee: experiența lui Römer pare să dea o confirmare experimentală unei proprietăți ondulatorii.

„Dacă lumina folosește timp pentru a se propaga, urmează că această mișcare imprimată materiei este succesivă și că deci ea se întinde la fel ca mișcarea sunetului prin suprafețe și unde sferice".

Cu toate acestea, ideea unor vibrații perpendiculare pe direcția de propagare rămîne străină lui Huygens, pentru care particulele de eter oscilează în sensul razei. Deși el a fost primul care a semnalat un fenomen de polarizare prin interpunerea a două cristale succesive de spat, el nu încearcă să explice acest fenomen.

Teoria părintelui Ango, inspirată din concepțiile lui Pardies, caută să precizeze unele detalii de acest gen. Originea luminii constă dintr-o mișcare alcătuită din vibrații inerente naturii sursei. Comprimările și dilatările sursei sînt transmise apoi prin substanța eterată sub formă de ondulații întreținute de impulsurile sursei. Aceste unde sînt niște agitații succesive asemănătoare cutelor; ele se efectuează fără vreun transport de materie. Vedem cît de apropiate sînt aceste idei de cele ale lui Huygens. Eterul, a cărui natură Pardies nu o precizează, este cu siguranță conceput ca un mediu material, deoarece este susceptibil de a transmite aerului vibrațiile sale. În pofida unor ipoteze mult mai detaliate asupra naturii eterului, Huygens nu a admis niciodată într-un mod atît de explicit acest schimb de mișcări între mediul subtil și mediul material.

Lucrările lui Pardies, Hooke, Huygens și chiar ale lui Malebranche sînt aproximativ contemporane cu experiențele și principalele publicații ale lui Newton. Confruntarea lor, adesea furtunoasă, cu teoria lui Newton va caracteriza o perioadă crucială pentru orientarea opticii.

OPTICA NEWTONIANĂ ȘI DISPERSIA LUMINII. Optica lui Newton nu poate fi separată de experiențele sale asupra dispersiei.

„În această lucrare, declară el la începutul *Tratatului de optică*, scopul meu nu constă în a explica proprietățile luminii prin ipoteze, ci în a le expune așa cum sînt, pentru a le demonstra apoi prin raționament și prin experiențe" (*Tratat de optică*, trad. Coste, ed. II, franceză, 1722, p. 1).

Fără îndoială, atitudinea adoptată de Newton rezultă parțial din tendințele epocii. Newton va căuta mereu, cel puțin în principiu, să-și pună optica la adăpost de reprezentări arbitrare sau insuficiente. Totuși va fi împins, aproape neîncetat, la discutarea unor ipoteze de acest gen.

Fenomenul dispersiei era cunoscut, desigur, înainte de Newton, dar oamenii de știință îl interpretau ca pe o modificare accidentală suferită de un fascicul luminos. Se credea că, prin luciul ei, sticla poate să comunice razei o colorație. Newton are meritul de a pune problema într-un mod cît se poate de concret: fiecărui grad de refrangibilitate îi corespunde o rază de altă culoare. Dimpotrivă, o rază de culoare „pură" își păstrează colorația trecînd printr-o prismă. Acestea sînt faptele. Totul se petrece ca și cum culorile nu ar fi dobîndite în cursul fenomenului, ci ar fi preexistat în fasciculul de lumină albă. Prisma ar avea doar efectul de a le scoate la iveală.

Așadar, ce este lumina? Într-o comunicare din 8 februarie 1672, în cadrul lui Royal Society, Newton o consideră o realitate substanțială și îi atribuie o structură corpusculară. Aceste afirmații se sprijină pe argumente luate din teoria sa a culorilor, dar forța lor de convingere are o origine destul de curioasă.

Întrucît culorile sînt calități ale luminii, se gîndește Newton, ea ar trebui să fie o substanță și nu o calitate. Nu putem concepe o calitate a unei calități. Culoarea însoțește substanța lumină în același fel în care proprietățile mecanice sînt legate de materie. Pe de altă parte, o calitate este totdeauna simplă: din ea nu poate să decurgă, prin descompunere, altă calitate. Grupînd calități diferite care coexistă fără a se distruge, lumina ne apare ca o realitate substanțială.

În ce măsură diferă ea de materie? Newton pare mai puțin precis cînd încearcă să răspundă acestei întrebări.

„Sîntem siguri că lumina este o substanță", afirmă el dar este mai „greu să determinăm cu exactitate ce este această substanță"; și adaugă: „Nu vreau să amestec ceea ce este sigur cu ceea ce nu este sigur".

Această comunicare din 1762 îi atrage lui Newton o serie de critici, dintre care cele mai cunoscute sînt cele ale lui Hooke și ale lui Huygens, asupra cărora vom reveni. Jignit, Newton afișează o rezervă ostentativă în privința explicației naturii luminii.

„Dacă ajung la concluzia că lumina este un corp — scrie el — nu afirm acest lucru fără ezitări". Și continuă: „Știm prea bine că proprietățile luminii pot fi înțelese nu numai pe baza ipotezei care-mi este atribuită, ci și pe baza unei infinități de alte ipoteze. De aceea mi-am propus să le evit pe toate".

INTERFERENȚA ȘI TEORIA ACCESELOR. Pe de altă parte, la acea epocă este cunoscut fenomenul de colorare a lamelor subțiri. Newton însuși a studiat caracteristicile faimoaselor inele care îi poartă numele. După experiențele cu două prisme care nu sînt strîns lipite, el așază o lentilă plan-convexă pe o placă de sticlă. În felul acesta, el delimitează o lamă de aer a cărei grosime este variabilă, și anume mai mare la margine: fiecare inel de interferență este produs de razele care au traversat aceeași grosime de aer.

Cum poate reuși teoria corpusculară a lui Newton să interpreteze un fenomen care astăzi ne pare legat, în mod esențial, de proprietățile ondulatorii ale luminii? El o face introducînd o periodicitate de un alt tip în parcursul corpuscu-

lului. De-a lungul traiectoriei sale, acest corpuscul posedă alternativ „accese" de transmitere ușoară și „accese" de reflexie ușoară. Ele se reproduc periodic și durata acceselor este constantă pentru o anumită culoare.

„Explicația faptului că suprafețele corpurilor transparente groase reflectă o parte a luminii care cade pe ele și rup restul este că unele raze se află în accesul de reflexie ușoară, în timp ce altele se află în accesul de transmitere ușoară".

O explicație analogă intervine pentru corelația lamelor subțiri. Să presupunem că distanța dintre două lame permite ca același acces să se producă la ieșirea din prima și din a doua lamă. Orice rază transmisă de prima lamă (adică într-un acces de transmitere ușoară) va fi transmisă și de lama a doua. Nici una dintre aceste raze nu va putea ajunge la ochi, care în această lamă va vedea deci o zonă obscură. Dimpotrivă, dacă distanța dintre lame face ca accesul să se schimbe, orice rază transmisă de prima lamă va fi reflectată de lama a doua și va parveni la ochi. Acesta va vedea formîndu-se o pată strălucitoare. Zonele obscure și zonele strălucitoare vor alterna deci periodic. Teoria acceselor face astfel să intervină o alternanță de stări și nu de mișcări. Formarea de inele cu ajutorul unei lame de aer de grosime variabilă, aflată între două lame refringente poate fi pusă în evidență, dacă folosim spațiul dintre porțiunea unei sfere și planul pe care este așezată ea (dispozitivul denumit „inelele lui Newton"). Newton arată că razele inelelor care se succed cresc proporțional cu rădăcina pătrată a numărului lor de ordine. Pentru inelul de rangul n avem $r_n = k\sqrt{n}$. Interpunînd o prismă între acest dispozitiv și observator, el constată descompunerea în sisteme separate de inele monocromatice.

„Dintre toate observațiile expuse mai sus, recunoaște el, nici una nu este însoțită de fenomene atît de uimitoare" (*Tratat de optică*, trad. Coste, ed. a II-a franceză, p. 273).

Care sînt cauzele acestei periodicități? Căci Newton nu poate să disimuleze, sub numele de acces, o voință activă sau o virtute secretă.

Accesele pot fi produse printr-o disimetrie în forma sau în proprietățile corpusculilor luminoși. Poate fi vorba de un fel de magnetizare sau de o simetrie în raport cu o axă. Putem concepe că mișcarea unui corp elipsoidal (de pildă, în formă de țigară), înzestrat în același timp cu o mișcare de rotație și una de translație, poate introduce alternanțe de-a lungul parcursului (fig. 25).

Putem, de asemenea, presupune că corpusculii luminoși exercită interacțiuni unii asupra altora. Aceste forțe care pot fi de natură atracțională produc vibrații susceptibile de a depăși corpusculii și de a face să crească sau să scadă viteza lor. Admițînd această a doua interpretare, introducem un eter care are un rol evident secundar în raport cu cel al corpusculilor luminoși, dar totuși un rol indispensabil.

Oricît de ingenioasă ar fi, teoria acceselor nu reușește să treacă proba experimentală. Aplicată la coloratia lamelor subțiri, ea nu face decît să intervină asupra comportamentului pe a doua lamă a razelor care au reușit să străbată prima. Or, este efectiv posibil să suprimăm reflexiile pe prima lamă, folosind

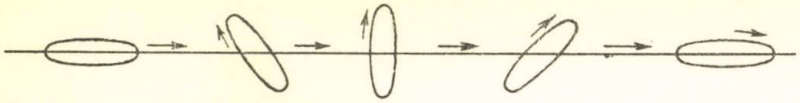


FIG. 25. O EXPLICAȚIE POSIBILĂ PENTRU TEORIA ACCESELOR A LUI NEWTON

o lamă polarizată. Potrivit teoriei acceselor, nimic nu s-ar schimba. În realitate, inelele dispar. Trebuie să interpretăm deci formarea inelelor printr-o asociere a razelor reflectate de o lamă și de cealaltă, ceea ce este explicat de teoria interferenței.

DIFRACȚIE SAU INFLEXIUNE. Newton a repetat experiențele lui Grimaldi asupra fenomenelor de difracție, așezînd între ecran și obstacol diverse obiecte. El observă, de asemenea, fenomenele produse prin interpunerea unei fante subțiri de lățime reglabilă.

Totuși, în pofida rezultatelor constatate, Newton nu recunoaște autonomia fenomenelor de difracție ca al patrulea mod de propagare, deosebit de reflexie, de refracție și de propagare rectilinie. Pentru el e vorba de „inflexiunea luminii", care își datorează caracterul particular reflexiei unei refracții sau poate unei atracții.

Dacă se așază un fir subțire pe traiectul unui fascicul luminos, îngust, razele se reflectă în vecinătatea obstacolului, producînd o repartizare a luminii în zona umbrei geometrice (fig. 26). În vecinătatea muchiei unei prisme, ele se refractă spre baza prismei (fig. 27). În sfîrșit, trecînd printr-o fantă strîmtă, atracția inegală pe care o suferă razele din partea celor două margini ale fantei le încovoaie spre zona de umbră geometrică (fig. 28).

DUBLĂ REFRACȚIE. Newton cunoștea foarte bine experiențele lui Bartholin și Huygens cu privire la refracția luminii cînd trece prin spatul de Islanda. Dacă reflexia și refracția depind de diversele poziții în punctul de incidență, dubla refracție dă dovadă de o creștere a numărului acestor poziții posibile. S-ar putea imagina că corpusculii luminoși seamănă cu niște mici magneți sensibili la o disimetrie a cristalului.

TEORIA CORPUSCULARĂ ȘI EXISTENȚA ETERULUI. Primele teorii ale lui Newton par net corpusculare și pînă în 1671 cuvîntul eter nu apare în scrierile lui. Polemica pe care este nevoit s-o angajeze cu Hooke orientează însă spiritul său spre ipoteza eterului și în același timp îl împiedică s-o adopte fără rezerve.

Sub influența ideilor lui Newton, Hooke s-a văzut îndemnat să-și modifice teoria vibrațiilor eterice. După ce a admis legătura dintre culoare și refringență, după ce a renunțat la constituirea luminii din combinația a două culori fundamentale, Hooke nu mai poate atribui două laturi razei de lumină. El este nevoit deci să presupună o modificare a structurii interne a luminii pentru a explica infinita varietate a culorilor. Hooke este astfel nevoit să lege colorația razei de amplitudinea corespunzătoare a vibrațiilor eterului.

Tocmai în acest an — 1675 — Newton își publică teoria luminii și a culorilor. El constată cu satisfacție concesiile pe care Hooke le-a făcut ideilor sale, apoi dezvoltă o teorie a undelor eterice, care denotă concesii și mai importante din partea lui.

În principiu, această teorie nu este destinată decît să joace rolul pe care-l au figurile în mijlocul unui text obscur. Aceasta n-o face însă mai puțin semnificativă: lumina continuă să fie considerată o emanație provenită din corpurile incandescente. Dar acești corpusculi au puterea să zguduie eterul și să producă vibrații periodice care se propagă în acest mediu.

Convertirea parțială a lui Newton la teorii ale eterului se datorează următoarelor trei motive principale:

În primul rînd, teoria acceselor pare să reclame transportarea unei acțiuni care influențează mișcarea particulelor luminoase și o poate modifica. Această transportare ar avea nevoie de prezența unui eter.

Pe de altă parte, fenomenele de difracție par să demonstreze acțiunea de la distanță a ecranului. Această acțiune susceptibilă de a influența parcursul razelor luminoase ne amintește de acțiunile gravifice și nu se poate propaga fără prezența unui mediu.

În sfîrșit, Newton era cu siguranță convins de importanța ideii eterului în mecanica cerească. Posibilitatea de a găsi un domeniu comun între optică și gravitație nu a fost probabil străină de evoluția sa.

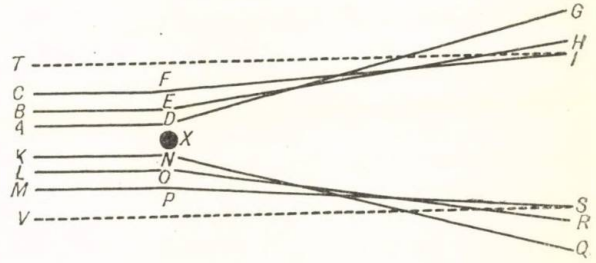


FIG. 26. SCHEMA DIFRACȚIEI PRODUSE DE UN FIR

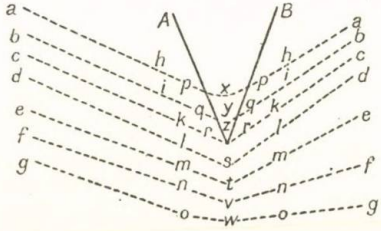


FIG. 27. SCHEMA DIFRACȚIEI PRODUSE DE O MUCHIE

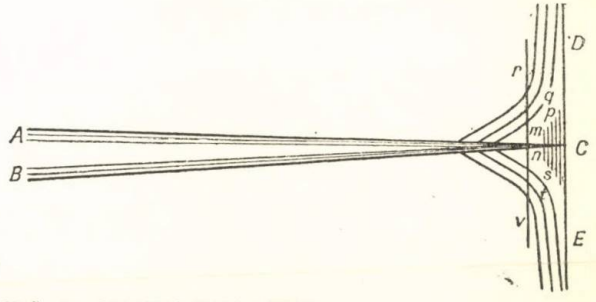


FIG. 28. SCHEMA DIFRACȚIEI PRODUSE DE O FANTĂ

În lucrarea sa *Questiones opticae*, Newton se întreabă dacă nu există identitate între materie și eter și chiar dacă ne putem închipui o posibilitate de transformare reciprocă. Dar oricum ar fi, eterul nu poate avea proprietățile mediilor folosite de Descartes. Un fluid corporal, chiar fin, opune o rezistență uriașă. Cercetările lui Newton asupra rezistenței materialelor îl îndeamnă să considere că „spațiile cerești... trebuie să fie goale de orice fluid corporal".

Totuși acest eter necorporal are proprietăți care depind strîns de materia care-i este asociată. Ele diferă după cum eterul este liber sau închis în corpuri și, probabil, și în funcție de corpurile care-l conțin. Iată de ce puterea refringentă variază cu densitatea și natura chimică a corpurilor.

Deși spațiile cerești sînt lipsite de fluizi corporali, Newton adaugă că trebuie admisă o excepție pentru vaporii foarte ușori și pentru razele luminoase. Cu toată aparența dubitativă a acestei fraze, ea arată, într-o suficientă măsură, cît de mult au evoluat ideile lui Newton din 1671.

Și totuși această modificare nu l-a făcut să treacă de limitele unei teorii mixte, care asociază particulelor un eter vibrant asupra căruia ele pot acționa. Nu că noțiunea de eter ar fi rămas la el o concepție superficială cum lasă să se înțeleagă unii, ci ea i-a părut întotdeauna insuficientă pentru a susține singură optica în ansamblul ei.

De fapt, criticile pe care Newton le adresează teoriilor vibratorii par destul de slabe: o teorie vibratorie pură i se pare greu de împăcat cu principiul accesele or. Ar trebui să se postuleze existența a două feluri de eter vibrant. Oscilațiile unuia s-ar propaga mai rapid și ar reuși să modifice mișcarea celuilalt.

Dar ceea ce l-a determinat pe Newton să respingă teoriile pur vibratorii nu este aspectul negativ introdus prin această complicație. Atașamentul său față de teoriile emisiei păstrează multă spontaneitate și rezerva sa poate fi legată în egală măsură de mai multe cauze.

În primul rînd, această teorie explică foarte firesc propagarea în linie dreaptă a luminii. Tot la această epocă, Hooke a presupus existența razelor perpendiculare pe frontul unei unde sferice. Dar acest caz este pur teoretic și Newton remarcă că o perturbație de tip hidrodinamic, de pildă, se propagă în mod excepțional în linie dreaptă. Ea se difractă spontan. „Lumina care se propagă în linie dreaptă — conchide el — nu poate să-și aibă explicația numai în acțiunea mediului". Huygens a fost aproape de explicația propagării în linie dreaptă. El nu a reușit însă să formuleze clar principiul distrugerii undelor prin interferență, principiu care avea să permită lui Young și Fresnel să pună definitiv de acord propagarea în linie dreaptă și teoria ondulatorie.

Pe de altă parte, cercetările mecanice ale lui Newton l-au împins spre ipoteze atomiste. Dacă lumina este formată din corpusculi materiali, legile dinamicii și în special principiul inerției pot fi imediat aplicate și conduc la o explicare simplă a celor mai evidente proprietăți ale luminii.

În sfîrșit, motive psihologice, care nu pot fi nici ele neglijate, l-au îndemnat pe Newton să se solidarizeze oficial cu teoriile corpusculare: Hooke apărea ca un reprezentant consacrat oficial al teoriei eterului. Dogmatismul lui Hooke, pretenția sa de a acapara paternitatea unei teorii a vibrațiilor l-au îndemnat, cu

siguranță, pe Newton să mențină în teoria sa un element material a cărei necesitate nu o vedea Hooke.

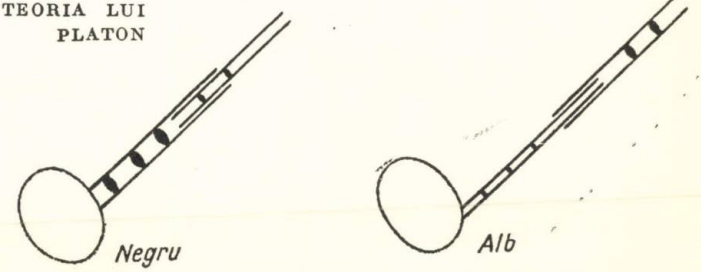
Evoluția filozofică a spiritului său ne lasă totuși să ghicim că Newton trebuia să acorde predilecție unei teorii mixte. Fără îndoială, motive de tactică și de prudență au putut să-l facă să susțină pentru moment o politică de conciliere și chiar de reticență. Dar ea era susținută de o convingere profundă că alegerea ipotezelor, uneori utilă, este adesea indiferentă. Lucrul esențial într-un fenomen este modul său de propagare. „Nu putem ști, spune el, dacă lumina este proiectarea unor corpuri mici sau o mișcare abstractă, o forță oarecare care se propagă". Iată de ce L. Bloch are într-o mare măsură dreptate, susținînd că teoria lui Newton trebuia să fie mixtă, deoarece el dorea ca ea să rămînă pozitivă.

C. TEORIILE CULORILOR

TEORIILE CULORILOR LA SFÎRȘITUL SECOLULUI AL XVI-LEA. Culorile sînt legate de aspectul sensibil al luminii. De aceea o teorie a luminii a fost totdeauna — mai mult sau mai puțin — o teorie a culorilor. Dar culorile par, de asemenea, să participe la felul de a fi al obiectelor materiale. De aceea, ele au fost în general considerate ca un fenomen mai puțin pur, mai puțin simplu decît lumina.

Platon explica formarea negrului, a albului și a diferitelor culori prin condițiile diferite în care se întîlnesc cele două curente: focul vizual care iese din ochi și corpusculii care provin din obiecte. Dacă particulele emise de obiecte sînt destul de mari, focul vizual reușește să le dividă și avem senzația de negru. Dimpotrivă, dacă focul vizual este fărîmițat de particule destul de fine, avem senzația de alb. Urmărit pînă la nivelul ochilor, acest fenomen generează scînteierea. Dar această turbulență luminoasă poate să se potolească, amestecîndu-se cu umorile ochiului: ea produce atunci impresia de roșu. Auriul, cenușiul, ocrul, verdele se obțin prin diverse combinații ale acestor efecte primare.

FIG. 29. FORMAREA NEGRULUI ȘI A ALBULUI, DUPĂ TEORIA LUI PLATON



„Pentru alte culori, continuă Platon, vedem destul de bine cu ce amestecuri ar trebui să le asimilăm pentru a salva aspectul adevărat al spuselor noastre. Dar a dori să le verificăm prin experiență ar însemna să ignorăm diferența dintre uman și natura divină, fiindcă un zeu poate strînge pluralitatea în unitate, posedînd știința și puterea, în timp ce printre oameni nimeni nu este în stare s-o facă niciodată în viitor" *(Timaios)*.

În comparație cu teoria lui Democrit, constatăm preponderența acordată focului vizual, care permite „să afirmăm că fiecare culoare nu este nici ceea ce se proiectează, nici ceea ce este proiectat, ci ceea ce se produce în intervalul dintre un lucru și celălalt și ceea ce este propriu fiecărui subiect individual" *(Theetetos)*.

Aristotel schițează o explicație cu totul diferită a culorilor. Ele s-ar datora amestecului în proporții variabile a luminii și a obscurității. O lumină vie și o umbră care se alternează produc culoarea roșie. În sfîrșit, o umbră deasă și o lumină slabă dau naștere violetului. Aceste culori sînt fundamentale. Din ele se obțin toate celelalte, fie prin amestec, fie prin contrast.

Pînă la Renaștere nu s-a adus nici o modificare esențială acestei teorii. Totuși de multă vreme a fost observat fenomenul dispersiei prin prismă. Seneca l-a asemănat chiar cu formarea culorilor în curcubeu. Dar, în evul mediu, dispersia prin prismă părea să concorde foarte bine cu ideile lui Aristotel: lumina refractată de partea muchiei străbate un strat de sticlă mai subțire decît lumina refractată la bază. Există deci mai multă umbră și mai puțină lumină la bază, ceea ce corespunde definiției culorii violete; la vîrf este mai puțină umbră și mai multă lumină; potrivit concepțiilor lui Aristotel, dă naștere la roșu.

OPINIILE PRECARTEZIENE ASUPRA NATURII CULORILOR. Iezuitul Galeotto Mariscoti a încercat, în 1617, să conteste teoria aristotelică a culorilor. El arată că nu trecerea prin prismă produce colorația, ci refracția pe care o suferă razele. Dacă razele trec normal prin prismă, nu se constată nici o colorație. Pe de altă parte, raza cea mai pură, adică galbenul, nu este raza cea mai apropiată de vîrf, cum se pare că ar cere-o teoria lui Aristotel, ci este raza de mijloc: ea străbate deci un strat de sticlă mai gros decît cel străbătut de roșu și trebuie să primească de la acest strat de sticlă mai multă obscuritate, ceea ce infirmă principiile lui Aristotel.

În pofida acestor obiecții, Barrow mai încearcă în 1674 să perfecționeze ideile lui Aristotel. Negrul se produce printr-o absorbție completă a luminii. Culorile sînt niște amestecuri ale umbrei și ale luminii și trebuie să constea în niște reflexii mai mult sau mai puțin numeroase separate prin absorbții. Cu cît acestea din urmă cresc, cu atît colorația se deplasează spre violet.

TEORIILE CARTEZIENE. CULORI ȘI VIBRAȚII. În această epocă, teoriile moleculare și cinetice ale lui Descartes încep să ia locul principiilor fizicii scolastice.

Se crede că lumina se transmite ca o presiune exercitată de particulele unui mediu fin intermediar. Aceste particule se rostogolesc și se învîrtesc în porii corpurilor terestre. Viteza lor de rotație este aproximativ egală cu viteza lor de deplasare în linie dreaptă. Dar la suprafața corpurilor, adică la hotarul care separă umbra de lumină, moleculele fine nu au vecine. Ele suferă deci o presiune unilaterală și, în funcție de sensul rotației lor, viteza de învîrtire devine mai mare sau mai mică decît translația. Coloratia este o aparență pe care o produce această diferență de viteză. Ea trece de la roșu la galben și la stacojiu. „Culorile nu sînt în corpurile colorate altceva decît diverse moduri în care aceste corpuri transmit mișcarea ochilor noștri".

Teoriile carteziene, lipsite de orice bază cantitativă și experimentală, erau cu atît mai șubrede cu cît intrau mai mult în detaliu. Boyle nu ascunde neîncrederea sa în asemenea explicații. Pardies propune o teorie care poate părea un compromis între principiile lui Aristotel și noile descoperiri carteziene. Ca și Aristotel și ca și Barow, el admite două culori fundamentale: albul, produs prin reflexii pe părțile rotunde ale corpurilor, și negrul, datorat absorbțiilor în adînciturі. Celelalte culori sînt amestecuri ale acestora, amestecuri care se formează datorită unor agitații succesive ale substanței eterice. Aceste ondulații comunică (astăzi s-ar spune difuzează) o mișcare laterală ale cărei modalități explică și diversele colorații. Acesta este și cazul irizărilor obținute de Grimaldi în experiențele sale asupra difracției.

Aceste idei, destul de confuze, aveau să-și găsească o expresie corectă în teoria lui Malebranche, prima teorie modernă a culorilor.

Această teorie a apărut în 1699, după principalele scrieri ale lui Newton asupra aceluiași subiect. Malebranche nu cunoștea însă la acea epocă teoria lui Newton și opera sa este în întregime originală.

Bazîndu-se pe analogia dintre lumină și sunet, Malebranche propune o explicație judicioasă a diversității culorilor. În acustică, vibrații mai ample sau mai puțin ample corespund sunetelor mai tari sau mai slabe. Pe de altă parte, vibrațiile mai mult sau mai puțin înghesuite corespund unor sunete de tonalități diferite. Analog, amplitudinea vibrațiilor luminoase nu poate influența coloratia. Ea modifică doar intensitatea fenomenului. Pentru a obține diferite culori, adică lumini de natură variată, trebuie să pornim de la vibrații cu promptitudini (și nu cu amplitudini) diferite. Pe măsură ce rapiditatea descrește, se trece de la alb la galben, apoi la albastru. Deosebirea față de sunet constă în faptul că sunetul este produs de vibrațiile aerului, iar culorile de vibrațiile unui eter fin.

„Cu lumina și cu diversele culori lucrurile se petrec la fel ca și cu sunetul, și cu diversele tonuri. Tăria sunetului vine de la forța mai mare sau mai mică a vibrațiilor aerului grosolan, iar diversitatea tonurilor, de la promptitudinea mai mare sau mai mică a acestor vibrații. Forța sau strălucirea culorilor vine deci, de asemenea, de la forța

mai mare sau mai mică a vibraţiilor, dar nu ale aerului, ci ale materiei fine şi diversele culori provin de la promptitudinea mai mare sau mai mică a acestor vibraţii."

Prima teorie a lui Malebranche consideră albul o culoare ca toate celelalte. Cînd, în 1712, el ia cunoştinţă de lucrările lui Newton, Malebranche se simte îndemnat să-şi modifice teoria. Fiecărei culori îi corespunde o anumită promptitudine a vibraţiei. Albul este produs de suprapunerea diferitelor promptitudini de vibraţie. În felul acesta, concordanţa cu ideile lui Newton era perfect realizabilă.

Totodată, asimilarea luminii cu sunetul, care l-a condus pe Malebranche la explicaţii atît de judicioase, îl îndeamnă să admită existenţa a şapte culori fundamentale. Vibraţiile corespunzătoare sînt nişte numere comensurabile ca în cazul principalelor intervale muzicale. Această concepţie a fost mai întîi adoptată de Newton. Raza ale cărei vibraţii sînt mai prompte, adică violetul, trebuie să fie deviată mai mult de prismă, ceea ce este confirmat de teoria dispersiei.

După moartea lui Malebranche, teoria culorilor elaborată de el a fost aproape dată uitării. Fără a-l cita pe Malebranche, Euler avea să reia ipoteza unei asociaţii între culoare şi frecvenţa unei radiaţii.

Tot la această epocă, teoria vibratorie a lui Hooke pare să fi suferit modificări considerabile în ceea ce priveşte originea culorilor. La început i se pare că geneza culorilor se datoreşte orientării inegale a vibraţiilor luminoase în corpurile transparente. Or, fenomenul dublei refracţii demonstrează o disimetrie în mişcarea vibratorie a luminii. Prezenţa simultană a unei raze ordinare şi a unei raze extraordinare îl face pe Hooke să postuleze existenţa unei raze luminoase cu două feţe paralele, adică a două vibraţii opuse şi independente. Aşadar, după Hooke nu pot exista decît două culori fundamentale autonome: roşul şi albastrul.

Huygens, printr-un raţionament analog, admite şi el două culori constitutive, şi anume galbenul şi verdele.

După lucrările lui Newton, Hooke admite în cele din urmă infinita diversitate a culorilor şi legătura lor cu un anumit grad de refringenţă. Fidel teoriei pur vibratorii, el postulează că succesiunea de la roşu la albastru depinde de distribuţia forţei, adică de intensitatea vibraţiilor de-a lungul razei. Dacă partea tare — legată de Hooke de intensitatea vibraţiei — este prima, se obţine roşu, dacă ea merge pe locul al doilea, vom obţine albastru.

Diferenţa dintre amplitudinile vibraţiilor poate fi pur aparentă. Ea poate să rezulte, de pildă, din decalajul imperceptibil a două vibraţii diferite, una tare şi cealaltă slabă. Aceasta ar fi, după cum am văzut, originea coloraţiei lamelor subţiri.

Cu excepţia lui Malebranche, toţi fizicienii pînă la Newton au tratat deci culorile ca fiind alterări substanţiale sau cinetice ale unei lumini presupuse

pure. Pentru a explica dispersia, se cerceta felul în care poate să modifice traversarea prismei compoziția sau mișcarea luminii. S-au construit pe acest făgaș teorii cît se poate de complicate. Da pildă, Mariotte distingea opt principii care guvernau repartizarea culorilor într-un fascicul refractat. Inovația opticii lui Newton constă în suprimarea problemei luminii pure care este înlocuită prin problema culorilor.

OPERA LUI NEWTON. CULORILE „PURE" ȘI COMPLEXITATEA LUMINII ALBE. În lucrările sale asupra dispersiei, Newton afirmă că lumina albă se compune dintr-un anumit număr de culori „pure", fiecare avînd o refrangibilitate specifică.

„Orice lumină omogenă își are culoarea sa proprie, care răspunde gradelor sale de refringență; această culoare nu poate fi schimbată nici prin reflexie, nici prin refracție" (*Tratat de optică*, trad. franceză de Coste).

Aceste culori, despre care la început s-a crezut că sînt în număr de șapte, se dovedesc apoi a fi o infinitate. Toate acestea îl pun pe Newton în fața unei sumedenii de probleme: există oare culori în întuneric? Sau culorile sînt niște calități ale obiectelor luminate? Fără a ezita, Newton afirmă că, de fapt, culorile aparțin luminii și nu corpurilor. Bineînțeles, razele luminoase nu sînt în stare colorată, ci posedă „o anumită putere sau dispoziție de a excita senzația cutărei sau cutărei culori".

„Astfel, spune el, „razele care fac să apară obiectele roșii le voi numi producătoare de roșu sau roșii, iar cele care fac ca obiectele să ne apară galbene, verzi, albastre și violete, le voi numi raze galbene, verzi, albastre, violete".

Culorile pot să denote anumite proprietăți specifice ale corpurilor luminate, dar aceste proprietăți în sine nu sînt „colorifice".

Obiecțiile la teoria lui Newton nu întîrzie să apară în număr destul de mare. Unele sînt de ordin pur experimental. De pildă, se spune că un amestec de culori nu poate da culoarea albă. Pardies încearcă să efectueze această experiență și insuccesul îl face să coboare teoria lui Newton la rangul de ipoteză. După ce primește indicații experimentale de la Newton, obține mai tîrziu un rezultat satisfăcător.

Pe de altă parte, Hooke consideră că este un paradox să admitem în același timp substanțialitatea luminii și preexistența în sînul ei a unei infinități de colorații. Dacă culorile ar preexista în lumina albă, am avea numai două culori fundamentale. Dar este posibil, de asemenea, să ne închipuim că se produce o infinitate de culori, cu condiția să presupunem că lumina nu este o substanță,

ci totalitatea vibraţiilor eterului. Hooke se raliază în cele din urmă la această din urmă opinie.

La începutul lucrărilor sale, Newton, fidel unor concepţii pur corpusculare, caută să explice varietatea culorilor prin diversitatea corpusculilor luminoşi. El presupune mai tîrziu că lumina este formată din particule eterogene, înzestrate cu o refringenţă inegală. Apoi admite că diferenţa dintre particulele luminoase constă doar dintr-o diversitate de mărime, cele mai mici particule corespunzînd violetului. Dacă diversitatea culorilor este legată de dimensiuni, şi prin urmare de masa corpusculilor luminoşi, dispersia este o acţiune a acestei mase, deoarece rolul prismei este acelaşi în toate experienţele.

Newton crede că a demonstrat că refracţia este un fenomen de atracţie. El a obţinut legea sinusurilor, presupunînd că mediul refringent atrage particulele luminoase. Ca şi în cazul metodei lui Descartes, această deducţie presupune creşterea vitezei luminii o dată cu densitatea mediului. Dar, afară de aceasta, lucru pe care nu l-a văzut Descartes, legea sinusurilor nu este riguros valabilă decît pentru că fiecare lumină este monocromatică. Este deci natural pentru Newton să presupună că dispersia, ca şi refracţia, este un fenomen de atracţie Această ipoteză face să apară imediat serioase dificultăţi:

În primul rînd trebuie să admitem că particulele violete, care se refractă cel mai mult sînt şi cele mai puternic atrase, fapt destul de curios, ele fiind cele mai mici.

Pe de altă parte, sîntem conduşi să considerăm că refracţia şi dispersia trebuie să fie proporţionale, întrucît exprimă amîndouă acelaşi proces atractiv; făcînd o experienţă cu nişte prisme de sticlă, Newton are impresia că exactitatea acestei propoziţii se confirmă. El trage de aici concluzia că nu putem suprima aberaţia cromatică a lentilelor şi a prismelor. O asociaţie oarecare de lentile, dacă este însoţită de un efect de refracţie, adică dacă produce o deviaţie a razei emergente, nu poate fi acromatică. În felul acesta, Newton ajunge să inventeze telescopul cu oglindă, pentru a evita consecinţele inevitabile ale aberaţiei cromatice. Această „greşeală a lui Newton", pe care avea s-o combată Euler, a fost admisă fără discuţie la începutul secolului al XVIII-lea.

Începînd cu 1672, Newton nu respinge principiul unui eter vibrant şi arată că această concepţie se împacă cu existenţa unei infinităţi de culori. Particulele din teoria mixtă provoacă vibraţii ale eterului şi caracterele umbrei astfel produse corespund diverselor culori. Dar nu frecvenţa vibraţiilor, ca la Malebranche, ci amplitudinea lor ar fi legată de culoare.

Cu Malebranche şi Newton se constituie o teorie modernă a culorilor. În cursul secolului al XVIII-lea, valabilitatea acestor reforme combinate nu va face decît să se afirme. Culorile sînt caracterizate printr-o scară de frecvenţe

și fiecare dintre componentele „monocromatice" constituie o lumină pură. Constituirea unei optici cantitative și în special a unei teorii matematice a culorilor permite o verificare riguroasă, prin metode care vor fi în curînd cele mai precise din întreaga fizică, a exactității concepțiilor de bază. Dezvoltarea opticii lui Fresnel va constitui o ilustrare a principiilor enunțate cu atîta discernămînt de Malebranche, Huygens, Newton și o justificare a metodelor noii optici matematice.

CAPITOLUL V
Magnetismul și electricitatea

„Fiindcă o bucată de chihlimbar frecată de lînă determina o abatere de la legile greutății, fizica a creat legile electrostaticii; fiindcă un magnet ridica fierul, tot în pofida legilor greutății, au fost formulate legile magnetismului" (P. Duhem).

După cum se știe, Thales (secolul al VI-lea î.e.n.) este cel căruia i-a revenit în Occident meritul dacă nu de a fi observat cel dintîi aceste abateri de la legile greutății, cel puțin de a fi atras atenția asupra lor. Timp de secole, după el, nimic pozitiv nu s-a adăugat, practic, la fenomenele electricității și magnetismului.

Această stagnare a fost întreruptă de un eveniment și de un om.

Evenimentul a fost propagarea în Occident, la sfîrșitul secolului al XII-lea, a unei descoperiri pe care chinezii se pare că au făcut-o la începutul erei noastre: aceea a busolei[1]. Virtuțile teoretice ale uimitoarei proprietăți a magnetului care acționează în busolă sînt cel puțin egale cu virtuțile ei practice. Iată de ce un autor din secolul al XVII-lea, William Barlow, spunea, poate exagerînd întrucîtva, dar cît se poate de sugestiv:

Această proprietate „...este adevărata sursă a întregii științe a magnetismului, căci dacă alte proprietăți ale magnetului erau cunoscute mai dinainte, explicația lor rămînea absolut necunoscută și nu a fost descoperită niciodată mai înainte".

Omul care, pornind de la această sursă, a creat nu chiar știința magnetismului în adevăratul sens al cuvîntului, dar primele elemente ale acestei științe, a fost călugărul din Picardia, Pierre de Maricourt[2]. În scurta sa epistolă despre magnet, adresată unui oarecare Syger de Foucaucourt *(Epistola Petri Peregrini de Maricourt ad Sygerem de Foucaucourt militem de Magnete*, 1269) Pierre de Maricourt efectuează o „împreunare" a magnetismului și a astronomiei, a experienței magnetice și a raționamentului astronomic. El vede în piatra magnetică ce se întoarce în direcția axei cerului sau a sferei fixelor *analogul* acestei sfere. El stabilește experimental existența pe piatra magnetică a doi poli și a unei axe care le unește, analogi celor doi poli ai sferei cerești și axei în jurul

[1] Vezi vol. I, pp. 541—543, 640—642.
[2] Vezi vol. I. pp. 610.

căreia se roteşte această sferă. Structurînd în felul acesta magnetul, Pierre de Maricourt reuşeşte să pună în evidenţă un ansamblu de fenomene magnetice fundamentale.

În cursul următoarelor trei secole (XIV—XVI), concluziile lui Maricourt nu au fost total uitate. Concepţia sa analogică însă a fost abandonată, şi în locul ansamblului unificat şi organizat de concepţii, experienţe şi proprietăţi magnetice, construit de călugărul picard, găsim răspîndite la diverşi autori o mulţime dezordonată de fragmente. Afară de aceasta interpretarea pozitivă a fenomenelor magnetice găsită în astronomie face loc la diferiţi autori, în funcţie de viziunea lor, la interpretări teologice, poetice, vitaliste, animiste sau magice.

Totuşi, în cursul acestei perioade, au fost scoase la iveală unele fenomene noi şi importante din domeniul magnetismului. Descoperirea lor se datorează, în primul rînd, marinarilor şi navigatorilor care au folosit busola, dar şi-au adus de asemenea contribuţia „magii" sau „magicienii" Renaşterii. Giambattista della Porta *(Magiae Naturalis Libri XX*, 1589) a reluat unele experienţe ale lui Maricourt, le-a dezvoltat şi a descoperit astfel alte fapte interesante.

Astfel, în secolele XIII—XVI s-a constituit o parte a ansamblului fenomenelor fundamentale ale magnetismului. Dar dacă lăsăm deoparte contribuţia lui Pierre de Maricourt, aceste elemente pozitive se pierd la cei mai buni autori într-o puzderie de ficţiuni, proprietăţi iluzorii, oculte sau miraculoase atribuite magnetului. Literatura consacrată magnetismului continua să vehiculeze tot felul de basme, datînd din epoca lui Pliniu, adăugîndu-le povestiri fantastice ale marinarilor cu privire la pretinsele stînci sau munţi magnetici, fără a mai pune la socoteală numeroasele născociri ale noilor magicieni ai Renaşterii.

În aceste împrejurări a apărut la Londra, în 1600 — anul care inaugurează secolul al XVII-lea —, o carte sortită să schimbe definitiv cursul istoriei magnetismului. E vorba de lucrarea lui William Gilbert *De Magnete magneteci-sque corporibus et magno magnete tellure: Physiologia nova...* Manifestînd un uriaş interes pentru cunoaşterea umaniştilor din epoca Renaşterii, William Gilbert (1540—1603), căruia contemporanii i-au acordat, cu drept cuvînt, titlul de „părinte al filozofiei magnetice" a citit pe toţi autorii vechi şi moderni care s-au ocupat de magnet şi a cunoscut, în amănunţime, lucrările lor. În prefaţa cărţii sale, el îşi arată intenţia de a rupe definitiv cu „modul de a filozofa" al predecesorilor săi. Această ruptură, într-adevăr radicală, nu a fost totuşi totală: un singur autor se bucură de consideraţie în ochii lui Gilbert: Pierre de Maricourt. Vorbeşte despre el puţin, dar foarte elogios, iar comparaţia dintre cartea lui Gilbert , *De Magnete...* şi *Epistola... de Magnete* a lui Pierre de Maricourt nu lasă nici o îndoială în privinţa înrîuririi considerabile a călugărului picard asupra omului de ştiinţă englez. Unii contemporani ai lui Gilbert au mers chiar pînă la a-l acuza pe Gilbert de a-l fi plagiat pe Pierre de Maricourt. Această învinuire este însă lipsită de temei şi nedreaptă. Într-adevăr, trebuie să ţinem seama că influenţa este o cauzalitate complexă sau, cum observa A. Koyré, „efectul este cauza cauzei sale". Lui Gilbert îi revine meritul de a fi apreciat cel dintîi lucrarea lui Maricourt şi de a o fi luat drept model. El preia, nu fără a o prelucra, concepţia analogică

despre magnet şi metoda experimentală a lui Pierre de Maricourt. Gilbert a căutat însă să-l depăşească pe predecesorul său şi şi-a invitat cititorii să-l urmeze pe drumul cel bun regăsit.

Întreaga istorie a magnetismului din secolul al XVII-lea este pătrunsă de influenţa lui Gilbert. Lucrarea sa era mereu discutată, interpretările şi concepţiile sale criticate pentru unele exagerări, iar experienţele sale repetate şi perfecţionate. Criticii lui Gilbert au fost, la rîndul lor, criticaţi, aşa încît de la Gilbert pînă la Huygens, trecînd prin Cabeo, Descartes şi Boyle, pentru a nu-i cita decît pe autorii cei mai importanţi, teoria magnetismului face o serie de progrese decisive sub toate aspectele. Se precizează importanţa magnetului şi a magnetismului, se delimitează domeniul şi locul noii discipline, se constituie ansamblul faptelor fundamentale ale magnetismului.

În 1687, lucrarea lui Newton *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* cu epistemologia ei nouă, noua concepţie asupra atracţiei şi modelul gravitaţiei pe care îl propune, pare să furnizeze magnetismului ultimele elemente necesare pentru constituirea lui într-o ştiinţă fizico-matematică.

Acest eveniment se produce însă de-abia în ultimul pătrar al secolului al XVIII-lea. De ce a fost nevoie de un secol pentru a aplica fenomenelor magnetice modelul newtonian şi a formula legea fundamentală a magnetismului (legea lui Coulomb) identică prin forma ei cu legea gravitaţiei universale? Vom arăta că secolul al XVII-lea este în parte răspunzător pentru această întîrziere.

După cum n-a izbutit să degajeze legile magnetismului, secolul al XVII-lea nu a reuşit să formuleze nici legile electrostaticii. De fapt, nu existau mijloace suficiente pentru a crea ştiinţa electrică şi nici nu a existat această aspiraţie, deoarece lipsea adevărata conştiinţă a importanţei şi a specificităţii fenomenelor electrice. Ceea ce s-a făcut în acest domeniu în secolul al XVII-lea nu este cîtuşi de puţin comparabil cu ceea ce s-a realizat pe tărîmul magnetismului şi totuşi, şi în această privinţă, progresele sînt importante.

A. REALIZĂRILE SECOLULUI AL XVII-LEA ÎN DOMENIUL MAGNETISMULUI

În partea a patra a lucrării sale *Principia philosophiae*, publicată la Amsterdam în 1644, Descartes se ocupă în § 145 de o „enumerare a tuturor proprietăţilor magnetului", necesară pentru „a arăta că acele dintre proprietăţile lui pe care le-au putut descoperi pînă în prezent cele mai curioase experienţe ale admiratorilor magnetului pot fi uşor explicate prin... (principiile expuse de Descartes în § 135)... şi că acest fapt în sine ar fi suficient pentru a demonstra că ele sînt adevărate...".

Luată în sine, în afara oricărei referinţe la scopul pe care l-a urmărit Descartes, această enumerare cuprinde cvasitotalitatea fenomenelor magnetice cunoscute în secolul al XVII-lea. Aproape jumătate din aceste proprietăţi fuseseră des-

coperite înainte de 1600, dar, după cum am mai spus-o, îi datorăm lui William Gilbert regăsirea lor şi separarea lor de mulţimea de proprietăţi magice sau iluzorii în care erau pierdute.

1. Enumerarea proprietăţilor magnetului

CONTRIBUŢIA EVULUI MEDIU. Un magnet liber în mişcările sale ia o direcţie bine determinată în spaţiu. Unul dintre capetele lui tinde totdeauna, oriunde s-ar afla, să se întoarcă spre nord, iar celălalt spre sud. Aceste extremităţi ale magnetului se numesc poli: capătul care se întoarce spre nord se numeşte polul nord, iar cel care se întoarce spre sud, polul sud[3].

„Polul nord al unei pietre (magnetice) poate să atragă polul sud al unei alte pietre magnetice, iar polul sud, respectiv polul nord. Dacă, dimpotrivă, apropiem polul nord de polul nord, vedem că piatra se îndepărtează şi la fel se petrec lucrurile cînd apropiem polul sud de polul sud (Pierre de Maricourt)".

Cînd doi poli de nume contrar sînt întorşi unul spre celălalt, ei se apropie pînă se ating şi apoi se unesc pentru a forma un singur magnet.

Invers (experienţa magnetului rupt în două), dacă tăiem un magnet în aşa fel, ca planul secţiunii să formeze un unghi drept cu linia care uneşte polii sau axa magnetului, cele două puncte ale liniei astfel tăiate, care se atingeau mai înainte şi dintre care unul se află pe una dintre părţile magnetului iar celălalt pe cealaltă, devin doi poli cu virtuţi contrare, unul tinzînd să se întoarcă spre nord, iar celălalt spre sud.

Un magnet magnetizează prin contact o bucată de fier în lungimea ei: „Partea care a atins capătul sud al pietrei se îndreaptă spre nordul cerului şi invers, cea care a atins capătul nord al pietrei, se îndreaptă spre sudul cerului" (P. de Maricourt).

Magnetizarea fierului este instabilă şi poate fi uşor alterată, inversîndu-se polaritatea, dacă atingem din nou fierul cu polii contrari.

Piatra magnetică şi fierul magnetizat se atrag şi se resping după aceeaşi lege ca şi două pietre magnetice.

Acest prim grup de fenomene fundamentale, descrise de Pierre de Maricourt şi reluat în întregime de W. Gilbert, constituie un ansamblu organizat, un lanţ în care fiecare proprietate permite scoaterea în evidenţă a proprietăţii următoare.

CONTRIBUŢIA RENAŞTERII. Lui Cristofor Columb îi revine meritul de a fi descoperit în 1492 declinaţia magnetică şi variaţia ei de la un punct la altul al globului. Englezul Robert Norman (mort în 1596) îşi atribuie meritul de a fi descoperit înclinaţia şi variaţiile ei locale. Fără îndoială, el nu cunoştea

[3] Luăm drept bază enumerarea carteziană şi vom folosi unele expresii ale lui Descartes, regrupînd însă proprietăţile potrivit ordinii cronologice a descoperirii lor. — *N.A.*

scrisoarea în care G. Hartmann vorbea în 1544 despre variaţiile înclinaţiei. Oricum ar fi, contribuţia autorului englez (pe care Gilbert îl califica drept „navigator abil şi meşteşugar ingenios") este considerabilă. El a arătat în lucrarea sa, *The New Attractive* (1581), că este nevoie de o contragreutate la polul sud pentru a menţine acul orizontal, dar că înclinaţia nu se datoreşte unei materii grele; căci dacă ar fi aşa, acul nu s-ar înclina doar puţin în jos, ci ar lua poziţia verticală; pe de altă parte, fierul n-ar trebui să aibă aceeaşi greutate înainte şi după magnetizare. Norman sugera efectuarea unor măsurători ale înclinaţiei şi ale declinaţiei în diverse puncte ale Pămîntului. El nu ştia că Mercator, în 1546, întocmise deja o primă hartă a variaţiilor declinaţiei. Un oarecare William Borough, într-o lucrare din 1585, pe care o consideră drept un supliment la tratatul lui Norman, va da definiţia precisă a meridianului magnetic, va indica metoda de măsurare a declinaţiei, cît şi rezultatele măsurării înclinaţiei în diverse locuri.

Porta, în cartea a VII-a a lucrării sale (1589), expune experienţa cu magnetul rupt al lui Pierre de Maricourt. El generalizează, într-o primă aproximaţie, rezultatele obţinute, arătînd că ele se menţin atunci cînd magnetul rupt are o formă oarecare şi nu neapărat forma sferică (singura pe care o luase în consideraţie Maricourt): „polii care apar cînd se rupe un magnet sînt două puncte aşezate exact pe linia care uneşte polii extremi ai magnetului iniţial" (J. Daujat).

El rupe apoi magnetul nu după un plan perpendicular la axa lui (singurul caz de care se ocupă Pierre de Maricourt), ci de-a lungul axei. În acest caz, părţile fiecăreia dintre cele două bucăţi caută să se îndepărteze de părţile celeilalte bucăţi cu care erau vecine înainte de diviziune. Porta confirmă astfel ideea lui Pierre de Maricourt, reluată în secolul al XVII-lea, potrivit căreia virtutea fiecărei părţi a magnetului este asemănătoare celei pe care o avea întregul.

Porta este primul care observă că o lamă de fier aplicată pe unul dintre polii magnetului face să dispară calitatea acestuia de a atrage alte bucăţi de fier spre acelaşi pol. Pînă atunci se credea că virtutea magnetului nu poate fi suprimată sau împiedicată de vreun alt corp. În sfîrşit, se pare că tot Porta a arătat primul că pilitura de fier se aşază într-o anumită ordine în jurul pietrelor magnetice (fenomenul spectrului magnetic) şi că căldura are proprietatea de a demagnetiza.

O ultimă experienţă, de o deosebită importanţă teoretică, datează din secolul al XVI-lea. Robert Norman a arătat că punctul spre care se îndreaptă busola *nu o atrage*, ci o *orientează*, îi dă o *direcţie* şi nu-i imprimă o *translaţie*: de aceea el găseşte de cuviinţă să-l numească *the point respective* (punctul director) în loc de *the point attractif* (punctul de atracţie).

CONTRIBUŢIA SECOLULUI AL XVII-LEA. Variaţia declinaţiei în timp a fost descoperită în secolul al XVII-lea. Gellibrand, în 1636, vorbeşte despre acest fenomen. Tot secolului al XVII-lea îi revine meritul de a fi descoperit şi definit magnetismul terestru. William Gilbert a formulat ideea că Pămîntul, în ansamblul său, este un magnet (în afară de faptul că mine de magnet există

în diverse locuri de pe Pămînt.) El a atribuit magnetismului terestru astfel conceput fenomenele de direcţie, de declinaţie şi înclinaţie.

Gilbert nu şi-a dat seama că Pămîntul este un magnet slab. El credea că este corpul magnetic cel mai perfect, în timp ce ceilalţi magneţi îşi datorează această proprietate numai datorită naturii lor terestre. Părintele Grandamy a adus corective concepţiei lui Gilbert: cu toate că Pămîntul este mare, calităţile lui magnetice nu par să fie tot atît de puternice ca a celor mai multe pietre magnetice incomparabil mai mici.

Una dintre marile descoperiri ale lui Gilbert a fost aceea a magnetizării fără contact, *prin influenţă*. De aici el a ajuns la concluzia că fierul poate să primească calităţi magnetice de la Pămînt, în lipsa oricărui magnet şi că Pămîntul sau alţi magneţi pot suprima forţa unui magnet, dacă acesta rămîne mult timp altfel îndreptat faţă de Pămînt sau faţă de magneţi, într-o direcţie deosebită de cea în care tinde în mod firesc să se întoarcă.

Studiind variaţia acţiunilor magnetice în funcţie de distanţă, Gilbert a găsit că în jurul unui magnet sferic există o sferă de atracţie magnetică şi o sferă de acţiune directoare, care are o rază mult mai mare. Această deosebire trebuie pusă în legătură, după cum vom vedea, cu deosebirea dintre „punctul director" şi „punctul de atracţie" al lui Norman.

În secolul al XVII-lea s-a constatat că oricum s-ar apropia un magnet de o bucată de fier cu lungimea şi lăţimea inegale, ea va primi calităţi magnetice de fiecare dată pe direcţia lungimii sale.

S-a văzut, de asemenea, că nu numai căldura, ci şi rugina şi umiditatea pot face ca magnetul să-şi piardă virtutea sa.

În sfîrşit, tot în acest secol, Descartes „a descoperit forma inelară a ceea ce numim astăzi tuburile de forţă magnetică..." (E. Bauer), şi a atribuit o mare importanţă teoretică spectrului magnetic.

După ce am enunţat principalele proprietăţi ale magnetului enumerate în secolul al XVII-lea, vom examina acum concepţiile care au permis descoperirea lor şi explicaţiile care le-au fost date.

2. Teorii ale magnetismului

WILLIAM GILBERT. Întreaga teorie a magnetismului de Gilbert este subordonată unei idei fundamentale, şi anume că Pămîntul, în ansamblul său, este un magnet.

Pentru el, Pămîntul nu este magnetic, pentru că conţine substanţe magnetice, ci substanţele care prin natura lor sînt „pămîntene" au proprietăţi magnetice. Virtutea magnetică este specifică Pămîntului, substanţei terestre. Dacă noi o descoperim în piatra magnetică şi în fier, aceasta se întîmplă pentru că natura acestor corpuri, mai mult decît a tuturor celorlalte, este identică cu a Pămîntului.

Toate proprietăţile magnetice provin pentru Gilbert nu din „materia" din care este făcut Pămîntul, ci din „forma astrală" pe care Dumnezeu a dat-o

Pămîntului. Această formă magnetică sau „forța nativă primară" este *prima* și *principala* formă a astrului terestru. Ea este specifică unui astru dat.

Gilbert concepe această formă ca ceva însuflețit:

„Forța magnetică, scrie el, este însuflețită sau imită sufletul; în multe privințe ea depășește sufletul omenesc...". Căci în timp ce sufletul omenesc folosește „...rațiunea, vede lucrurile, cercetează,... forma însuflețită a globului terestru (ca și a celorlalți aștri), fără a avea organe de simț, fără erori, fără boli, exercită neîncetat o acțiune neîntreruptă, rapidă, definită, constantă, directoare etc. prin întreaga masă a materiei...".

Această acțiune nu se limitează, de altfel, la materia magnetică. Ea se propagă în spațiul înconjurător. În jurul Pămîntului, „razele de forță magnetică sînt răspîndite peste tot în zone concentrice". Un corp care poate fi magnetizat, fiind așezat în sfera de acțiune a Pămîntului, nu primește propriu-zis forma magnetică a acestuia, pe care o posedă deja prin originea lor comună; această formă este doar „redeșteptată", „sporită". Calitățile magnetice ale unui corp magnetizat se răspîndesc în același fel în jurul lui în spațiu.

Cum își închipuie Gilbert această expansiune a virtuții magnetice, în afara mediilor magnetice?

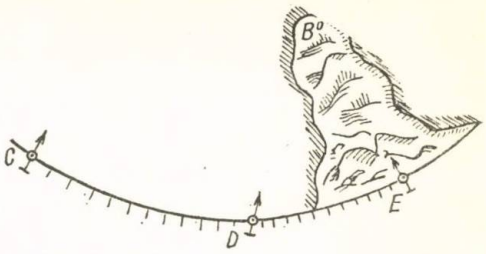
„Nu vom spune că formele magnetice și sferele există în aer, în apă sau într-un alt mediu nemagnetic ca și cum aerul sau apa le-ar primi sau ar fi influențate de ele; căci virtuțile nu sînt eficiente și nu subsistă în mod real decît atunci cînd corpurile magnetice sînt prezente... Magnetul excită, pur și simplu, corpurile magnetice situate la depărtări potrivite."

Din forma magnetică rezultă diversele mișcări magnetice *naturale* pe care le posedă Pămîntul. Ele sînt în număr de trei: mișcarea de „împreunare" (numită, de obicei, atracție); mișcarea de orientare *(verticity)* și, în sfîrșit, mișcarea de revoluție (sau de rotație).

Corpurile magnetizate, piatra magnetică sau fierul, posedă și ele, în mod firesc, aceste trei mișcări. Ca și Pămîntul, ele atrag. Ca și Pămîntul, ele se orientează, dar mișcarea lor de orientare este afectată de vecinătatea Pămîntului, de poziția lor particulară în sfera de acțiune terestră: în loc de a lua și de a indica chiar direcția pe care o ia Pămîntul, ele sînt supuse *declinației* și *înclinației*. În sfîrșit, dacă, în principiu, magneții pot fi animați *în mod firesc* de o mișcare de rotație, ei nu sînt efectiv antrenați de această mișcare, pentru că ea este *violent* contracarată de greutate. Pentru Gilbert, greutatea este atracția exercitată de *materia* Pămîntului asupra materiei magnetului, atracție care exprimă tendința oricărei materii a unui astru dat de a se aduna. Dacă Pămîntul, în ansamblul său, poate să se învîrtească în jurul său, cauza acestei mișcări constă în faptul că masa terestră se află în echilibru perfect în jurul axei sale.

Atracția magnetică pe care Gilbert o deosebește de atracția greutății „rezultă din acțiunea reciprocă", prin care corpurile magnetizate tind nu atît să se îngrămădească, să se unească în aceeași masă materială, cît să se *reformeze*, adică să refacă din masa lor materială un corp adevărat avînd o formă (în sens hilemorfic) unică, să constituie un singur magnet cu doi poli și o axă.

FIG. 30. INFLUENȚA UNOR MASE MARI ASUPRA DIRECȚIEI BUSOLEI (W. GILBERT, *DE MAGNETE*, 1600)



Prin forța sa (sau sufletul său magnetic), Pămîntul ia și păstrează direcția sa în spațiu, locul pe care Dumnezeu a vrut să i-l atribuie. După cum un magnet deviat de la direcția sa revine îndată ce își recapătă libertatea, la fel și Pămîntul, dacă ar fi fost, prin absurd, deviat de la poziția sa în spațiu, ar fi fost readus în mod firesc în această poziție prin forța sa magnetică. Adevărații poli ai Pămîntului, polii astronomici, nu sînt deci pentru Gilbert simple puncte geometrice „cum crezuse toată lumea înaintea lui", ci niște puncte fizice.

Un magnet oarecare, liber în mișcările sale, ia, ca și Pămîntul, o anumită direcție în spațiu, dar, după cum am mai spus, el este supus declinației și înclinației. Gilbert nu este de acord cu aceia care, pentru a explica declinația, au imaginat mine de magnet la o distanță oarecare de polii geografici. După părerea lui, adevărata cauză constă în următoarele: dacă globul nostru ar fi o sferă perfectă și omogenă, acul magnetic s-ar îndrepta axat spre nord. De fapt însă, globul este inegal atît în conformația sa (continente, mări, caverne subterane), cît și în compoziția sa. De aici rezultă că „pe suprafața sa, această forță totală a Pămîntului *(vis illa tota telluris)* deviază corpurile magnetice spre părțile magnetice cele mai masive și cele mai ridicate" (fig. 30). El știe că nu se poate determina longitudinea unui loc numai după indicele declinației. În schimb, el crede — și aceasta este concluzia întregului său sistem — că, în fiecare punct, acul se orientează în direcția în care îl înclină „forța totală a Pămîntului" în acest loc, această direcție fiind deci influențată de apropierea soclurilor continentale sau chiar a unor simple insule.

Cît despre înclinație, ea ține de figura geometrică particulară a magnetului terestru, figura sferică. Într-adevăr, dacă dăm unei pietre magnetice o formă sferică și dacă plimbăm pe suprafața acestei sfere un ac de fier aflat în echilibru, vedem că el se înclină: la ecuator, acul este tangent sferei; la poli el ia o poziție perpendiculară. Pe suprafața Pămîntului, busola de înclinație (pe care Gilbert o cunoaște) ne permite să regăsim aceeași lege. Înclinația variază în funcție de latitudine, fără a fi însă proporțională cu aceasta, deoarece descrește de la ecuator spre poli. Construcția geometrică pe care Gilbert o propune pentru a explica această lege este una dintre acele construcții frumoase (deși adeseori false) pe care noua fizică din secolul al XVII-lea le va propune pentru interpretarea matematică a fenomenelor. În sfîrșit, înclinația nu are drept cauză atracția magnetului terestru, ci rezultă din acțiunea lui directoare.

Să considerăm, în sfîrşit, cea de a treia mişcare magnetică naturală: mişcarea de rotaţie a Pămîntului în jurul axei sale. Secolul al XVII-lea, în ansamblul său, s-a orientat just, nereţinînd această mişcare postulată de Gilbert. El a căutat explicaţia rotaţiei diurne a Pămîntului într-o cauză mecanică şi nu magnetică. Pentru Gilbert, dimpotrivă, această mişcare este, dacă putem spune aşa, cea mai dragă inimii sale; căci întreaga sa filozofie magnetică este subordonată concepţiilor lui astronomice şi cosmologice. Fiind unul dintre primii susţinători ai mişcării de rotaţie a Pămîntului, el vrea s-o apere împotriva obiecţiilor adepţilor doctrinei aristotelice. Admiţînd împreună cu aceştia din urmă distincţia dintre mişcările naturale şi cele violente, el caută să demonstreze că rotaţia este o mişcare naturală şi nu una violentă. El crede că magnetismul reprezintă temelia fizică a acestei demonstraţii, inspirîndu-se în această privinţă, după cum vom arăta mai jos, din lucrarea lui Pierre de Maricourt.

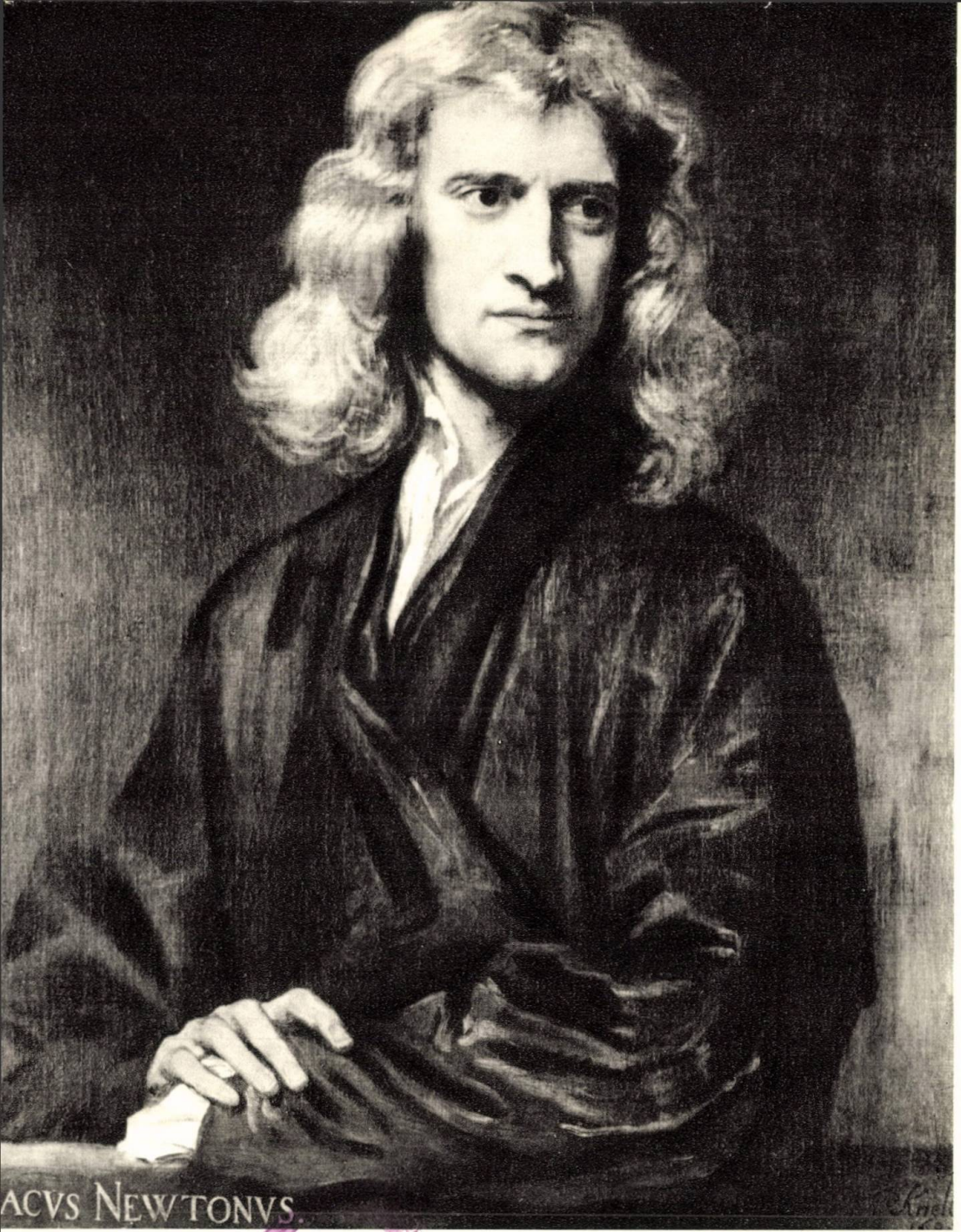
PIERRE DE MARICOURT ŞI GILBERT. „Trebuie să ştii, scria Pierre de Maricourt corespondentului său, că această piatră (magnetul) poartă în ea o asemănare cu Cerul". Asemănarea nu poate fi însă percepută nemijlocit şi nici stabilită printr-un simplu raţionament matematic. Trebuie s-o pună în evidenţă meşteşugul omului.

Pierre de Maricourt recomandă meşteşugarului să aleagă pietrele magnetice de o calitate bună şi omogenă; pe urmă, el trebuie „să dea pietrei o formă rotundă (ca a sferei cereşti), folosind aceleaşi scule ca şi pentru alte cristale şi pietre".

După aceste operaţii preliminare, analogia astronomico-magnetică poate fi stabilită şi observată în amănunţime.

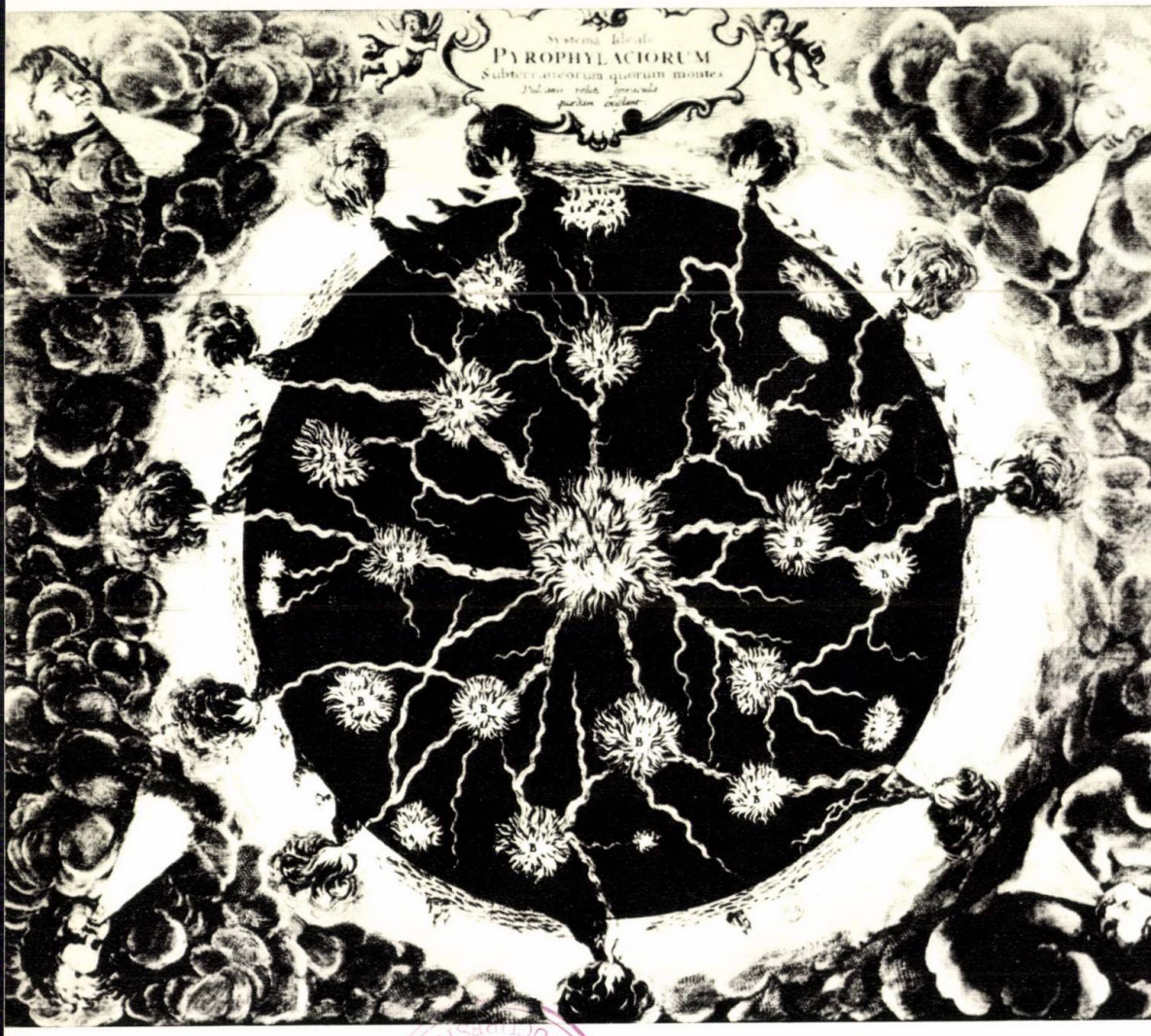
„...În cer, scrie, el, există două puncte remarcabile, deoarece sfera cerească se mişcă în jurul lor ca în jurul unei axe; unul se numeşte polul nord, iar celălalt polul sud. La fel, pe această piatră vei găsi îndată două puncte, dintre care unul se numeşte polul nord, iar celălalt polul sud". Polii sferei cereşti sînt cele două puncte în care se întîlnesc toate cercurile lumii pe care le numim azimute. Polii magnetului vor fi, în acelaşi fel, punctele de întîlnire ale marilor cercuri care pot fi descoperite pe piatra tăiată în felul următor;„... se aşază pe piatră un ac sau o bucată de fier lunguiaţă, echilibrată ca un ac şi se trage, urmînd direcţia fierului, o linie care să împartă piatra în două. Apoi se pune acul sau bucata de fier într-un alt loc al pietrei şi pentru acest loc, în acelaşi fel, se trage din nou o linie. Dacă vei face aceasta în mai multe locuri, toate liniile, fără doar şi poate, se vor întîlni în două puncte".

Pierre de Maricourt nu concepe această analogie ca una pur matematică, aplicată la două realităţi diferite în esenţa lor. Asemănarea pietrei cu cerul oglindeşte identitatea naturii. În două „materii" diferite — materia eterică şi incoruptibilă din care e făcută sfera cerească şi materia grea şi coruptibilă a magnetului — acţionează aceeaşi *formă*, care dă sferei cereşti şi pietrei magnetice aceeaşi natură specifică, sursă a aceloraşi mişcări naturale, a aceloraşi instincte, a aceloraşi porniri.



25. ISAAC NEWTON. PORTRET DE KNELLER.

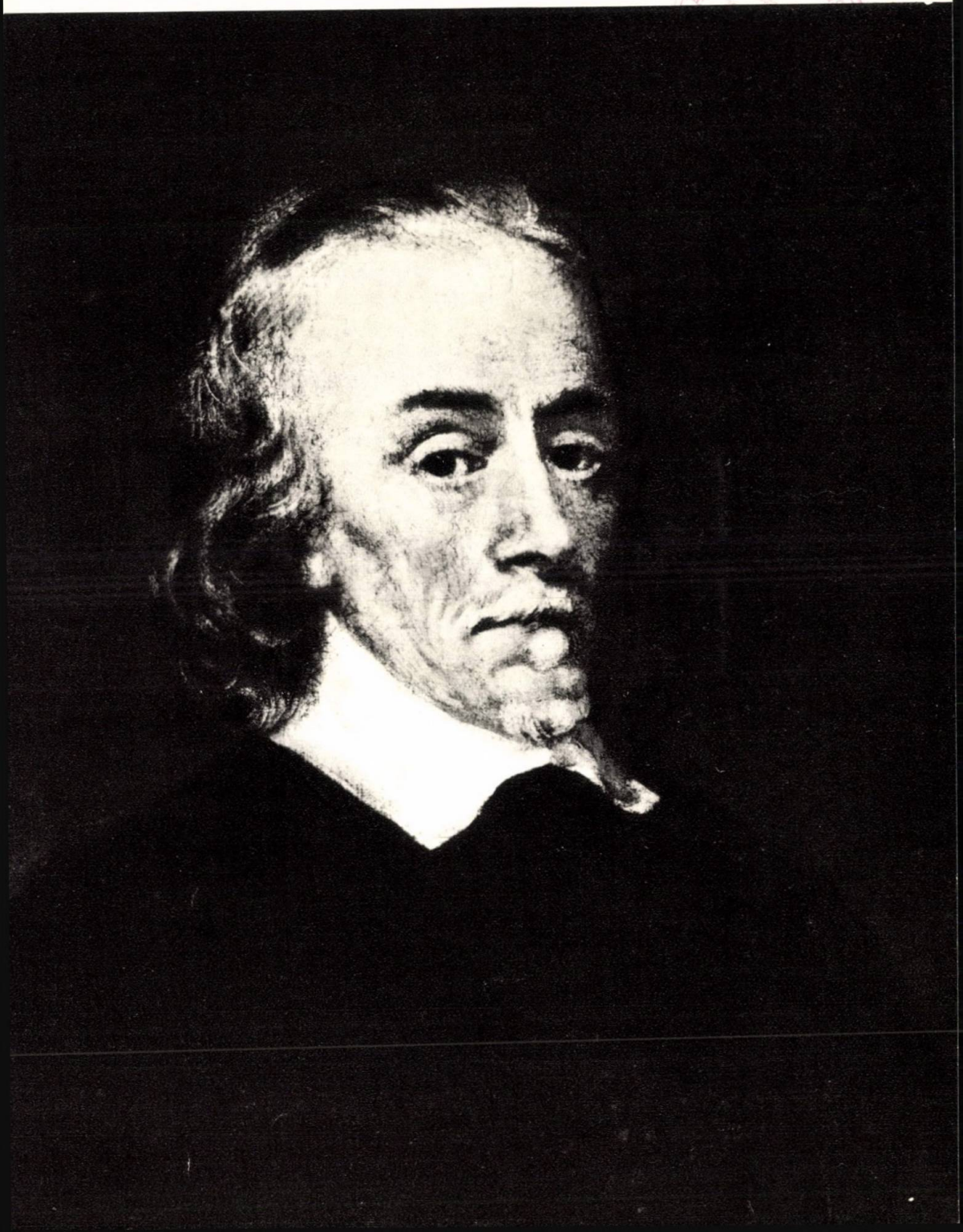
TORIA GEN. A 'STIINTEI CY



26. STRUCTURA PĂMÎNTULUI, DUPĂ A. KIRCHER.

LICEUL ... GHEORGHE LAZĂR

27. WILLIAM HARVEY.



28. LECȚIA DE ANATOMIE, TABLOU DE REMBRANDT.

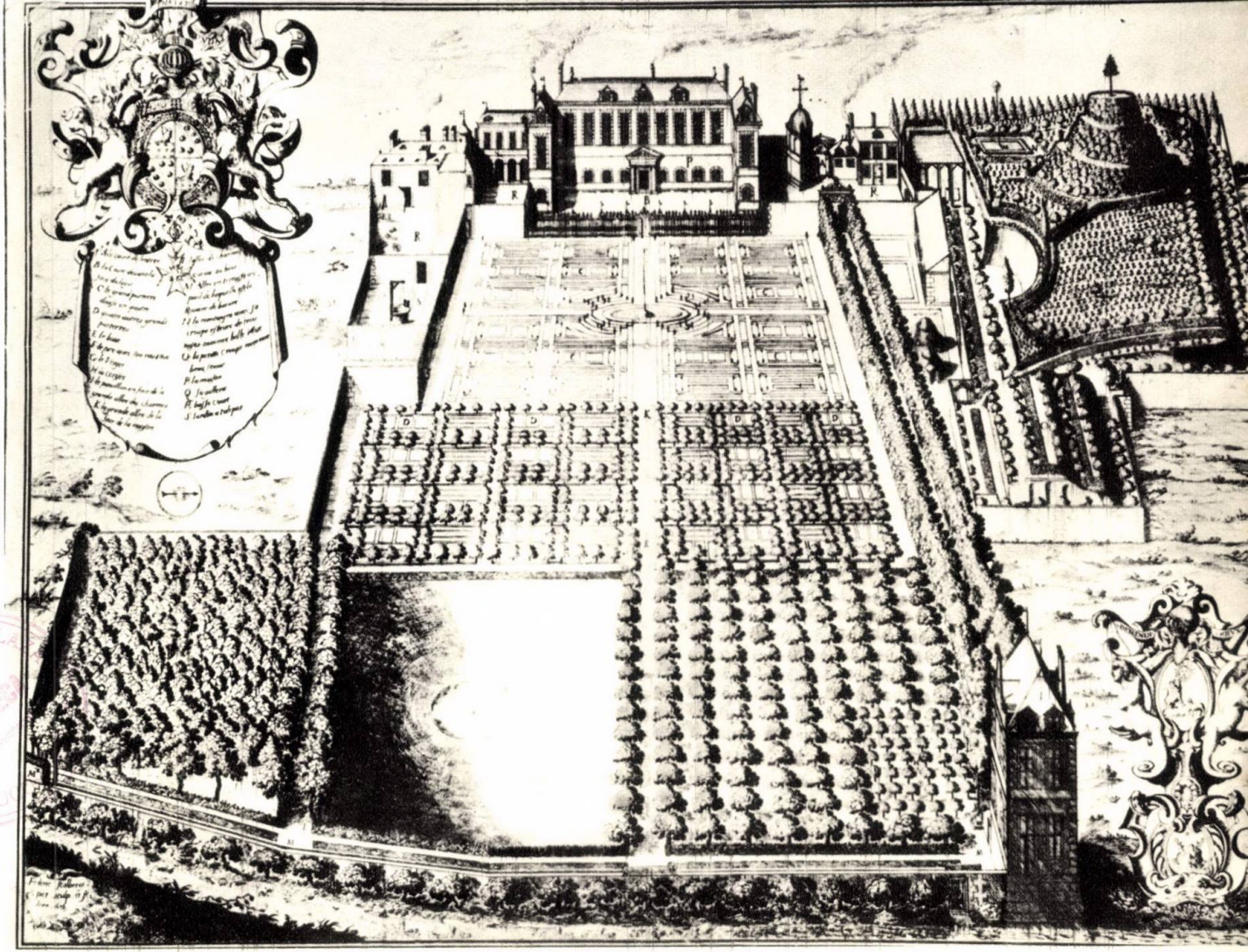
LICEUL ... BUCUREȘTI

29. LECȚIE DE DISECȚIE (1) ȘI DE MATERIE MEDICALĂ (2) LA JARDIN DU ROI

1

2

30. INFIRMERIA SPITALULUI CHARITÉ DIN PARIS.



32. CIULIN *(ERYNGIUM ALPINUM)*

Această convingere este atît de mare la Pierre de Maricourt, încît el crede posibil ca o piatră magnetică să fie animată de o mişcare de rotaţie uniformă, analogă mişcării sferei cereşti: delicat susţinută de polii săi, axa ei fiind situată în meridianul geografic sau magnetic (pentru el nu există încă o deosebire între acestea), o piatră perfect sferică ar trebui să se rotească sub influenţa cerului.

¡Gilbert şi-a transpus concepţiile acestea în sistemul său astronomic. El şlefuieşte o piatră magnetică, dîndu-i forma de sferă nu după imaginea sferei cereşti, ci după cea a sferei terestre. O numeşte *Terrella*, pui al Terrei. Meridianele, polii, axa magnetului pe care el le descoperă, urmînd întocmai procedeele lui Pierre de Maricourt, nu mai sînt analogele cerului, ci ale Pămîntului. Astfel, deşi semnificaţiile se schimbă cînd trecem de la *Epistola... de Magnete* la *De Magnete...* structurile rămîn aceleaşi.

Cu toate că, după cum am spus, această analogie astronomică nu a fost reţinută de ştiinţă, rolul ei a fost considerabil, deoarece ea a permis ca magnetul să fie conceput ca un obiect *natural* şi nu ca unul supranatural, magic, ocult. Afară de aceasta, ea a făcut posibilă o anumită matematizare a magnetului. Ar fi cu totul greşit să considerăm că meridianele magnetice, sferele de acţiune etc., de care vorbeşte Pierre de Maricourt şi Gilbert, se suprapun conceptelor de linie de forţă, de suprafaţă de nivel ... Aceşti autori au dat într-adevăr magnetului, spaţiului său interior, suprafeţei sale şi spaţiului înconjurător o structură topologică diferenţiată, dar nu o structură metrică.

CABEO ŞI KEPLER. Succesorii lui Gilbert din secolul al XVII-lea nu şi-au precupeţit admiraţia faţă de el, fie că e vorba de adepţii doctrinei aristotelice, cum au fost Cabeo şi discipolii acestuia, Grandamy, Kircher, Léotaud, fie de copernicieni ca Galilei şi Kepler.

În lucrarea sa *Philosophica magnetica* (1629), Cabeo admite aproape fără rezerve opera experimentală a lui Gilbert, dar ia în discuţie explicaţiile şi interpretările teoretice ale acestuia. El construieşte o teorie diferită de a lui Gilbert, o teorie aristotelică a magnetului, care nu a existat pînă atunci, aplicînd rezultatelor obţinute de Gilbert concepţiile elaborate de comentatorii lui Aristotel, începînd cu Alexandru de Aphrodisias şi terminînd cu Averroes şi Toma d'Aquino şi dezvoltîndu-le. Afară de aceasta lui îi revine marele merit de a explora „potrivit cărei raţiuni... matematice se propagă forţa magnetică": în fiecare punct al sferei de acţiune forţa trebuie să aibă o mărime şi o direcţie corespunzătoare unei construcţii matematice.

În sfîrşit, el respinge mişcarea de rotaţie magnetică a lui Gilbert şi reduce celelalte două mişcări la una singură. Mai precis, el explică în acelaşi fel mişcările de atracţie şi de orientare: singura mişcare naturală a magnetului este mişcarea de direcţie sau de orientare.

„Atracţiile magnetice, scrie el, nu provin de la nimic altceva decît de la polaritatea pe care am indicat-o mai sus ca fiind mijlocul de orientare spre polii Pămîntului, în aşa fel încît prin *una şi aceeaşi calitate* corpul magnetic posedă perfecţiunea necesară în acelaşi timp pentru a atrage fierul şi pentru a se orienta spre polii lumii, cu toate

că Gilbert pare să fie de părere contrarie... Magnetul liber, datorită aceleiaşi *facultăţi* care îl orientează într-o direcţie şi într-un sens determinat, se pune în mişcare pentru a se apropia de un alt magnet".

Galilei nu adaugă nimic la studiul magnetismului elaborat de Gilbert. Cît despre Kepler, el se foloseşte de acest studiu într-un fel original. El identifică magnetismul şi gravitaţia (între care Gilbert făcea distincţie), considerînd că toate forţele astrale sînt magnetice. Soarele se învîrteşte în jurul propriului său centru şi pune în mişcare lumea planetară datorită unei *species motrix;* traiectoria eliptică a planetelor şi a Pămîntului (a căror mişcare de revoluţie în jurul Soarelui Gilbert nu o admitea) se explică prin polaritatea „magneţilor planetari care sînt pe rînd atraşi şi respinşi de magnetul solar şi care din această pricină merg mai repede sau mai încet (vitezele fiind invers proporţionale cu distanţele), deoarece forţa motrice care emană de la Soare scade cu depărtarea" (A.Koyré).

DESCARTES, BOYLE, HUYGENS. Studiul efectuat de Descartes asupra magnetismului cuprinde puţine experienţe, nici un fel de calcule şi o teorie ambiţioasă care constituie în amănuntele ei un adevărat roman. Pentru ştiinţa pozitivă, acest studiu este nemulţumitor, el este însă important în cadrul pregătirii filozofice a ştiinţei magnetismului.

Formele magnetice însufleţite sau neînsufleţite ale lui Gilbert, Kepler sau Cabeo, aceste *naturi* care generează mişcări magnetice *naturale*, constituie pentru el exemple de iluzii care încarcă fizica şi care provin din confuzia dintre ideile de suflet şi corp. El le-a exclus din teoria magnetismului ca şi din celelalte părţi ale fizicii.

Oricîte exagerări inevitabile ar cuprinde edificiul cartezian, el a fost binefăcător pentru ştiinţe în general şi pentru magnetism în special.

Descartes vrea să arate că nu există în magnet calităţi „care să fie atît de oculte şi nici efecte de simpatie sau antipatie atît de miraculoase", încît să nu poată fi explicate pe baza principiilor sale „şi anume ale măririi, figurii, situaţiei şi mişcării". El vrea să distrugă în special — ceea ce avea să aibă consecinţe deosebit de periculoase — ideea de atracţie, rămăşiţă, după cum vor repeta toţi cartezienii, a virtuţilor oculte:

„Căci, de fapt, nu există în acestea nici o atracţie; ci îndată ce fierul se află în sfera de virtute a magnetului, această virtute îi este comunicată" de „părţile canelate" care „alungă aerul dintre amîndouă, făcînd astfel ca ele să se apropie". Ceea ce înseamnă că magnetul şi fierul sînt împinse unul către celălalt de aerul înconjurător care năvăleşte în golul astfel format.

Ştiinţa pozitivă nu a păstrat nimic nici din „părţile canelate", un fel de şuruburi ale materiei subtile care bombardează neîncetat corpurile, nici despre „porii" prin care aceste părţi canelate trec uneori uşor, alteori agăţîndu-se de masa corpului. Nu o interesează, de asemenea, dacă aceste „părţi" ţin de primul, al doilea sau al treilea element, adevăraţi *dii ex machina* ai cosmogoniei carteziene.

Descartes studiază — sau îşi imaginează — magnetismul, pornind de la spectrul magnetic şi dă primele desene ale acestuia (spectrul produs de doi magneţi alăturaţi, vezi fig. 31). Pentru el, liniile cîmpului desenează traiectoria „părţilor canelate" care străbat magnetul, ies din magnet şi revin în interiorul lui după un circuit exterior. Descartes crede că există doi curenţi de sens contrar, fiecare putînd să intre în magnet numai prin una dintre laturile lui pentru a ieşi prin latura opusă. Magnetismul terestru (fig. 31, I) se explică în acelaşi fel: venind din regiunile respective ale cerului, un curent intră prin emisfera sudică şi iese prin emisfera nordică. Celălalt urmează drumul invers. Cu alte cuvinte, pentru el există două feluri de flux magnetic, mergînd unul în întîmpinarea celuilalt. Fiecare dintre aceste fluxuri are propriile sale „părţi canelate", „care sînt întoarse în sens contrar celorlalte". El găseşte în interiorul magnetului propriile sale „mici conducte" care au o formă adecvată.

Orientarea capătă un sens evident mecanicist. Busola este supusă fluxului părţilor canelate care o redresează „prin forţa pe care o au de a-şi continua mişcarea în linii drepte", iar înclinaţia capătă o explicaţie asemănătoare. Pentru a explica variaţiile declinaţiei în funcţie de loc, Descartes adoptă soluţia lui Gilbert. El ţine însă să precizeze („deoarece acest lucru pare evident") că într-o regiune pot fi mai multe mine de magnet şi de fier decît în alta, soluţie pe care Gilbert a respins-o cu hotărîre. Descartes cunoaşte variaţiile declinaţiei în timp şi le explică într-un mod destul de pueril, prin exploatarea (şi deci epuizarea) unor mine de fier.

În sfîrşit, rupînd cu Gilbert şi Kepler, Descartes nu atribuie magnetismului nici un rol în mişcarea Pămîntului şi a aştrilor, care sînt impulsionaţi de vîrtejurile lor de materie subtilă.

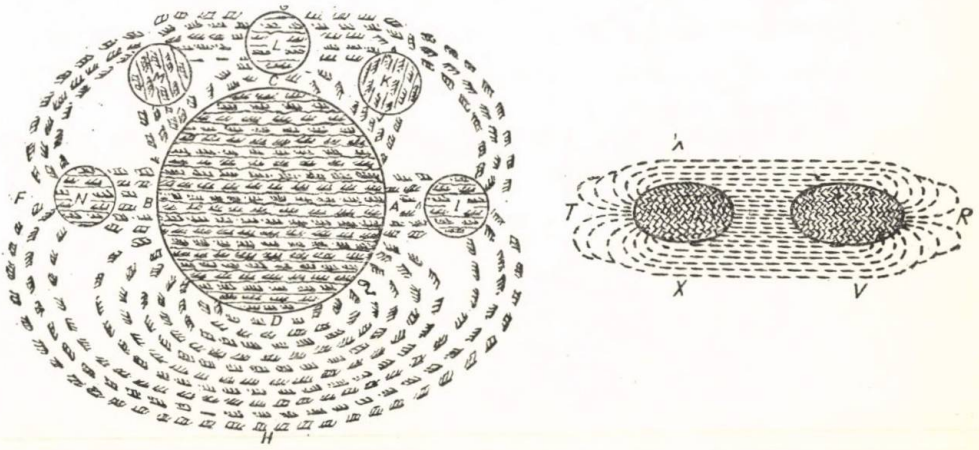


FIG. 31. SPECTRUL MAGNETIC ŞI SCHIŢA EXPLICATIVĂ A MAGNETISMULUI TERESTRU (DESCARTES, *PRINCIPIA PHILOSOPHIAE*, 1644)

Explicarea pe care o dă magnetismului este cît se poate de caracteristică pentru concepțiile lui filozofice. *Globul terestru, magnetul nu sînt altceva decît locuri de trecere* cărora forma (figura geometrică) porilor lor le permite să primească într-un număr mai mare anumite specii de „părți canelate", care străbat universul. Gustul pentru sistem lasă mult în urmă preocuparea experimentală. Totuși ideea generală a sistemului, dacă nu sistemul însuși, va oferi un cadru pentru experiențe chiar la un savant atît de puțin cartezian ca Huygens.

Cartezienii — Rohault, Régis — reiau sau repetă ideile lui Descartes.

DESCARTES. O dată cu Robert Boyle, marea dogmă despre rolul aerului în atracția magnetică se prăbușește în fața experienței. Boyle a plasat o busolă sub clopotul mașinii sale pentru crearea vidului, a apropiat un magnet de forță medie și a văzut „că el atrage sau respinge vîrfurile acului conform legilor magnetismului, fără o deosebire apreciabilă față de ceea ce s-ar fi întîmplat dacă am fi apropiat același magnet, păstrînd aerul în mașina în care se află acul" (*The Works of Robert Boyle*, vol. I). Intervin doar „efluviile magnetice" ale magnetului sau ale Pămîntului, care și el este un mare magnet.

Aceste efluvii trebuie să producă („ceea ce nu mi se pare deloc imposibil" scrie prudent Boyle) o modificare a structurii interne a corpului, care-l face apt să exercite, la rîndul său, o acțiune magnetică.

Huygens ne-a lăsat un *Tratat asupra magnetului* (1680) și mai multe studii asupra acestor probleme, incluse împreună cu acest tratat în volumul al XIX-lea al *Operelor* sale.

Ca și toți savanții epocii, el își construiește lumea bazîndu-se pe principii: eterul, care propagă lumina; materia magnetică, mai fină decît eterul; materia și mai fină, care este cauza greutății. Ca și pentru Descartes, spectrul magnetic indică la Huygens drumul parcurs de o „materie". Huygens nu admite însă cei doi curenți de sens contrar. Pentru el există un singur curent, dar el nu precizează sensul lui. El propune următoarea explicare a direcției pe care o ia un magnet față de Pămînt sau față de alți magneți din apropiere:

„Trebuie știut că mișcarea circulară a materiei unui vîrtej fiind foarte repede, dacă ea găsește în calea sa un alt magnet... ea trece, în măsura în care e în stare s-o facă, prin porii săi... Dacă însă porii magnetului pe care ea îl întîlnește sînt oblici și este astfel deviată din mișcarea ei circulară, ea face un efort natural pentru a reduce acest ocol și astfel, dacă magnetul întîlnit este liber în mișcare, ea îl așază într-o poziție în care porii lui să fie paraleli cu vîrtejul."

„În fond, după cum a spus E. Bauer, Huygens atribuie intuitiv materiei magnetice un principiu al traiectoriei minime analog principiului descoperit de Fermat pentru lumină..." Cît despre atracție, cauza ei este de origine mecanică, la fel ca la Descartes. Dar Huygens pune de acord, în cele din urmă, principiile cu experiența tăgăduind că aerul ar juca vreun rol în

fenomenul analizat. „Tot principiul traiectoriei minime permite să se explice în amănunțime atracțiile și respingerile dintre poli" (E. Bauer).

Se observă deci la sfîrșitul acestei treceri în revistă a teoriilor că mișcarea de idei care-și are originea în opera lui Gilbert a dus la o clarificare a concepțiilor asupra magnetismului:

a) Funcția magnetismului este precizată: forța magnetică nu este forța universală de care Gilbert și Kepler legau explicația fenomenelor de astronomie și de gravitație; domeniul magnetismului este acum bine delimitat.

b) Magnetismul nu mai are nimic ocult, el este natural, nu în sensul hilemorfic, ci în sensul mecanic al cuvîntului.

c) Știința dispune de o sumă importantă de cunoștințe obiective de bază din domeniul magnetismului.

3. Eșecul încercărilor de a introduce măsurarea în magnetism în secolul al XVII-lea

Începînd cu perioada Renașterii, preocuparea pentru măsurare este prezentă în magnetism. Navigația, determinarea latitudinilor și a longitudinilor cer introducerea măsurii. Dar în special „cercetările asupra celui mai bun mod de a fabrica ace magnetice" necesită cunoașterea elementelor cantitative. Industria are nevoie de reguli și de rezultate numerice pentru a determina formele, dimensiunile și masele cele mai potrivite pentru ca busolele să indice cît mai exact, cît mai fidel și cît mai just direcția, în pofida frecării, a rezistenței aerului, a declinației, a înclinației și a variațiilor lor. Numai niște cunoștințe teoretice temeinice puteau permite satisfacerea acestor cerințe, deoarece eforturile meșteșugarilor și tatonările empirice erau neputincioase în această privință.

Gilbert, Cabeo și discipolii acestuia s-au preocupat de aceste probleme și au încercat să determine distribuirea calităților magnetice în masa și pe suprafața magnetului și să măsoare variația forței magnetice o dată cu distanța, dar eforturile lor au dat greș. Publicarea teoriei lui Newton avea să permită, după cum se pare, reluarea acestor studii pe baze noi și ducerea lor la bun sfîrșit. Într-adevăr, concepțiile lui Newton ofereau soluția cea mai simplă și, din punct de vedere *istoric*, singura posibilă a acestor probleme. A fost însă nevoie de un secol pentru a construi o teorie newtoniană a magnetismului. În decursul acestui secol, cercetările matematice și tentativele de măsurare care se înmulțesc se inspiră din principii teoretice diferite, cum sînt acelea ale hidrodinamicii, susținute de concepțiile turbionare care proveneau de la Descartes. Această situație este cu atît mai stranie cu cît ideile carteziene se aflau în retragere generală în fața succesului crescînd al ideilor newtoniene. Dacă ele continuă totuși să se impună în magnetism, explicația constă în dificultatea de a concepe că *forțele de atracție pot orienta un magnet fără a-l atrage*. După cum am văzut, Robert Norman arătase că punctul spre care se îndreaptă busola nu o *atrage*, ci o orientează, și l-a numit *punct director*. William Gilbert concepea cele două acțiuni

ale magnetului — atractivă şi directoare — ca fiind distincte în natură şi a arătat că sfera acţiunii directoare are o rază mult mai mare decît sfera acţiunii atractive. Cabeo a unificat aceste două tipuri de acţiune şi a afirmat că acţiunea primă şi fundamentală este acţiunea directoare, atracţia fiind doar un efect *ocazional* al acesteia din urmă. Mecaniciştii au lucrat pe baza acestei scheme şi vîrtejurile lor exprimă acest primat al orientării faţă de atracţie.

Pentru a elabora o teorie atracţionistă a magnetului trebuia răsturnată ierarhia, acordîndu-se atracţiei primatul faţă de orientare. Aceasta implica găsirea unei explicaţii a mişcării de orientare a busolei pe baza unor atracţii care nu provoacă decît mişcări de translaţie! Meritul de a fi demonstrat acest lucru îi revine lui Aepinus (1757). La o distanţă foarte mare, acţiunea unui magnet este *uniformă*. Un ac magnetizat este deci supus unui *cuplu* de forţe de atracţie şi de respingere, care impune o direcţie, dar nu poate să-i imprime o translaţie!

Pe baza acestei explicaţii, conceptele de poli magnetici se schimbă. Polii nu mai sînt, pur şi simplu, extremităţile magnetului, ci punctele de aplicaţie ale forţelor cuplului rezultant căruia îi este supus un magnet într-un cîmp uniform sau — în ceea ce priveşte efectele produse de acest magnet la mare distanţă — baricentrele maselor pozitive şi negative. Se croise drum pentru lucrările lui Coulomb.

B. CONTRIBUŢIA SECOLULUI AL XVII-LEA ÎN DOMENIUL ELECTRICITĂŢII

Pînă în secolul al XVII-lea, în domeniul electricităţii nu se cunoştea literalmente nimic în plus faţă de ceea ce cunoşteau grecii pe timpul lui Tales: proprietatea chihlimbarului frecat de a atrage corpurile uşoare. De altfel, foarte adesea, se făcea confuzie între atracţiile electrice şi cele magnetice.

Cu toate acestea, unii autori, ca de pildă Geronimo Cardano (*De Subtilitate* 1551), au încercat să facă deosebirea dintre cele două categorii de fenomene.

„Atracţia magnetului şi cea a chihlimbarului, scria el, nu au aceeaşi cauză, deoarece chihlimbarul atrage tot ce este uşor, pe cînd magnetul atrage numai fierul. Chihlimbarul nu mişcă un pai dacă punem la mijloc un corp, pe cînd magnetul mişcă şi în acest caz fierul. Chihlimbarul nu este atras reciproc de pai, pe cînd magnetul este atras de fier. Paiul nu este orientat în vreo direcţie de chihlimbar, pe cînd fierul este îndreptat spre nord şi spre sud prin contact cu magnetul..."

Dar de-abia lui William Gilbert îi datorăm deosebirea netă dintre electricitate şi magnetism, deosebire care va rămîne de acum încolo o cucerire a ştiinţei. De altfel, Gilbert ştie că chihlimbarul nu este singurul corp

care poate fi electrizat. Această descoperire capitală a devenit posibilă datorită faptului că Gilbert a construit primul electroscop.

„Faceţi un ac mobil (versoriu) dintr-un metal oarecare, lung de trei sau patru degete şi care să se mişte destul de uşor pe axa sa, asemenea busolei. Apropiaţi de unul dintre vîrfurile lui o bucată de chihlimbar sau de răşină uşor frecată, lustruită şi strălucitoare. Îndată acul va devia."

Gilbert deosebeşte din acest moment, „corpurile electrice" şi „corpurile neelectrice".

Atracţia electrică este pentru el de o natură cu totul diferită de atracţia magnetică. Aceasta din urmă, după cum am văzut, are drept cauză „forma" corpului, pe cînd cealaltă are drept cauză „materia" corpului electrizat. Explicaţia pe care el o propune este destul de curioasă, dar caracteristică pentru epocă. Toate corpurile tind spre unitate. Efluviile născute prin frecare, revenind la corpul electrizat, împing corpurile uşoare spre el. E vorba de un adevărat fenomen de capilariate şi Gilbert îl compară, într-adevăr, cu atracţia corpurilor mici aşezate pe suprafaţa apei.

Pentru a motiva atracţia electrică, Descartes respinge explicaţia lui Gilbert bazată pe capilaritate. Dar nici explicaţia lui nu valorează mai mult. Materia subtilă de care este pătruns corpul electric formează în interiorul lui un fel de fîşii.

„Din această cauză, atunci cînd frecăm destul de tare sticla, făcînd-o să se încălzească, aceste fîşii, izgonite din porii ei prin această agitaţie, sînt silite să meargă spre aer şi celelalte corpuri din jur, unde negăsind pori proprii pentru a le primi, ele se întorc îndată în sticlă, aducînd cu ele paiele sau alte corpuri mici în ai căror pori au ajuns."

În domeniul electricităţii, Robert Boyle face cîteva experienţe importante care-i permit, între altele, să stabilească „pentru prima dată reciprocitatea atracţiilor electrice, faptul că cele două corpuri frecate unul de celălalt se atrag reciproc" (Daujat). Cît despre explicarea fenomenului, el dă dovadă de aceeaşi prudenţă ca şi în privinţa „efluviilor magnetice". El expune teo-

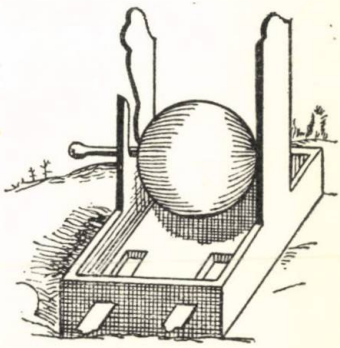


FIG. 32. MAŞINA ELECTROSTATICĂ A LUI OTTO VON GUERICKE (*EXPERIMENTA NOVA*, 1672)

riile lui Cabeo, Digby, Gassendi, Descartes (care i se par întemeiate pe o greşeală), dar el însuşi rămîne eclectic de îndată ce se încearcă o ipoteză mecanicistă bazată pe „o emanaţie substanţială a corpului care atrage", uitînd de vechea fizică a calităţilor.

Electricitatea ar fi putut face un pas gigantic înainte, datorită lucrării *Experimenta nova* (1672) de Otto von Guericke. Îi datorăm acestui autor prima maşină de electricitate statică: un glob de sulf „de mărimea unui cap de copil", care se freacă cu mîna şi care poate fi fixat pe o axă pentru a se roti. El aşază dedesubt „pilitură, foiţă de tot felul de aur, de argint, de hîrtie şi alte substanţe uşoare, apoi, atingînd globul cu mîna uscată, îl freacă de două-trei ori sau mai mult" (fig. 32). „Deodată, în urma unui singur rînd de observaţii, el face o serie de descoperiri capitale" (E. Bauer). La Otto von Guericke nu e vorba decît de observaţii făcute în cursul unor experienţe fortuite şi nu pregătite cu un scop de cercetare bine definit.

El observă astfel că globul „atrage toate aceste mici fragmente şi le antrenează în rotaţia sa... Acest glob nu numai că atrage, dar şi respinge pe urmă corpurile mici... şi nu le mai atrage înainte ca ele să fie atinse de un alt corp etc."

Din păcate, Otto von Guericke, care descrie corect toate aceste observaţii, cît şi altele referitoare la fenomene electrice deosebit de importante, nu elaborează nici o teorie asupra lor. El nu stabileşte nici unul dintre conceptele de bază ale electricităţii pe care Gray şi Dufay, pornind de la aceleaşi fenomene, le vor forma după vreo cincizeci de ani.

Această schiţă a cunoştinţelor despre fenomenele electrice datînd din secolul al XVII-lea arată cît de rudimentară a fost contribuţia acestui secol în acest domeniu. Electricitatea nu mai este, desigur, un fenomen bizar şi excepţional, dar rămîne totuşi obiect al unor cercetări pur empirice.

CAPITOLUL VI

Chimia principiilor

A. ÎN CĂUTAREA PRINCIPIULUI UNIVERSAL

Ideile lui Paracelsus asupra esenței îndepărtate a materiei, chintesența, au fost reluate și comentate de aproape toți chimiștii din secolul al XVII-lea. Ele au fost destul de repede deformate și au dus la ideea unui agent universal care determină toate acțiunile chimice. Esența istoriei chimiei în secolul al XVII-lea constă în această evoluție.

Examinînd de aproape toate teoriile exprimate înainte de Stahl, rămînem surprinși de discordanța dintre concepțiile care au stat la baza fiecăruia. Cele trei principii imediate ale lui Paracelsus au apărut alături de elementele peripateticienilor; dar, afară de aceasta, noțiunea de chintesență se suprapune întregului ansamblu, fără a-și găsi justificarea în unul dintre cele două sisteme. Ca urmare, natura și funcția chintesenței au putut să se modifice fără să fie atinse celelalte concepții. Chintesența era la origine un constituent îndepărtat al metalelor. Fiecare metal trebuia să posede chintesența sa specifică, dar evoluția naturală a metalelor le destina pe toate transformării în aur. Subiectiv sau obiectiv, chimiștii paracelsieni admiteau deci un constituent universal al materiei, cel puțin ca termen ultim.

Existența unei esențe chimice universale pare să domine gîndirea chimiștilor pînă la Stahl. Fiind concepută mai întîi ca un constituent ultim, vedem adăugîndu-i-se alta, cu rolul de agent responsabil de transformarea aparențelor fizice ale corpurilor; în cele din urmă, aceste două esențe vor fuziona și se vor eclipsa spre a face loc unui principiu universal al reacțiilor chimice.

VAN HELMONT ȘI EXPERIMENTAREA. Jean Baptiste van Helmont (1577—1644) a fost primul chimist care a amorsat această evoluție de idei. După studiile făcute la Universitatea din Louvain și cîțiva ani petrecuți în călătorii, van Helmont se stabilește în localitatea Vilvorde, în apropiere de Bruxelles, unde își consacră existența cercetărilor de chimie, de pirotehnie și de medicină. A practicat medicina în scopuri filantropice. A publicat mai multe lucrări de medicină, dintre care una, consacrată magnetismului animal, i-a atras o condamnare din partea tribunalului inchiziției. S-a ocupat

în multe dintre cărţile sale, cu chimia. Diversele sale concepţii au fost grupate într-o lucrare postumă, *Ortus medicinae*, a cărei primă ediţie a apărut în 1648. Reeditată de mai multe ori, tradusă în franceză şi în engleză, această lucrare a fost citită de toţi chimiştii secolului al XVII-lea.

Experimentator şi gînditor, van Helmont a preconizat un nou mod de a considera problemele de chimie, dar se pare că importanţa metodei sale experimentale a fost exagerată. Dacă teoria sa se sprijină pe observaţii minuţios elaborate, el nu a dat exemplul unei metode riguroase. Principiile unei asemenea metode au pătruns cu multă greutate în cercetarea chimică. Dacă în perioade mai timpurii, observaţia calitativă a fenomenelor s-a făcut într-o manieră mulţumitoare, chimiştii din secolul al XVII-lea nu au ştiut să efectueze observaţii cantitative. Experienţele lui van Helmont şi, mai tîrziu, cele ale lui Robert Boyle suferă în această privinţă de grave lacune.

Cea mai celebră experienţă a lui van Helmont este cea făcută cu un lăstar de salcie, pe care-l supune acţiunii apei de ploaie, stropindu-l timp de cinci ani[1]. El a observat, de asemenea, timp îndelungat, reacţiile prilejuite de calcinarea metalelor şi a sărurilor, în special a salpetrului, arderea cărbunelui şi a sulfului, fermentarea. Pe baza acestor lucrări, el a elaborat o filozofie proprie a materiei.

APA, PRINCIPIU MATERIAL. Această teorie respinge, în acelaşi timp, cele patru elemente ale peripateticienilor şi cele cinci principii ale lui Paracelsus. Animat de un spirit profund religios, van Helmont nu putea să accepte învăţătura filozofilor păgîni ai antichităţii. Afară de aceasta, existenţa celor patru elemente fundamentale era contestată de experienţă. De pildă, focul nu poate fi considerat ca un element în sine, ci ca un agent de transformare. Fumul este un gaz, ca şi flăcăra. El se naşte şi dispare, neavînd nici un caracter corporal.

Meditaţiile asupra naraţiunilor din Cartea Facerii l-au condus la constatarea că apa joacă aici un rol preponderent. Van Helmont îi atribuie funcţia de principiu material al tuturor lucrurilor. Exemplul salciei arată cum a încercat el să justifice această opinie prin experienţă. În felul acesta, el considera că aduce o dovadă experimentală a faptului că apa, transformîndu-se în lemn, poate să devină apoi prin arderea lemnului cenuşă, care are aceeaşi natură ca şi Pămîntul. El admitea, de asemenea, proprietatea apei de a se condensa de la sine şi de a efectua transmutarea sa în corpuri grele ca metalele. Aceste transformări se fac sub influenţa unor agenţi activi, cum ar fi spiritul seminal al metalelor. Acest spirit sau principiu seminal nu a fost inventat de medicul flamand. Invocat în repetate rînduri în texte mai vechi, el a fost utilizat în special de Paracelsus, care l-a făcut să intervină în procesul evoluţiei naturale a metalelor.

ALCAHEST. Această noţiune a fost idealizată de van Helmont, care a creat un agent universal, *alcahest*. Textele puţin cam obscure ale creatorului

[1] Vezi în această privinţă studiul lui A. DAVY DE VIRVILLE şi J.F. LEROY, p. 415.

acestui termen lasă să se înțeleagă că el a posedat o mică cantitate a acestui dizolvant universal, fără însă ca el s-o spună clar. Rămînem cu impresia că el l-a avut la dispoziție un timp prea scurt pentru a putea efectua toate experiențele.

Proprietățile prodigioase ale alcahestului au făcut să se nască o obiecție zdrobitoare sub pana unor comentatori. Dacă orice materie este dizolvată de această substanță, același lucru ar trebui să se întîmple și cu recipientul în care am încerca să-l ținem. El nu poate fi deci păstrat și van Helmont nu a putut să dețină o cantitate oarecare de alcahest. Dacă el nu l-a mînuit, forța afirmațiilor sale este mult slăbită. Deși unii autori, ca Glauber și Becher, au trecut peste această obiecție, majoritatea celorlalți au păstrat o rezervă prudentă în privința alcahestului. Unii, ca Glaser, îl menționează, însă se feresc să vorbească despre el. Alții contestă existența lui. Ettmüller spune în această privință: este o născocire, ca cioara albă. Totuși numai puțini autori și-au permis să treacă complet sub tăcere acest agent universal.

„GAS"-UL, SPIRIT SĂLBATIC. În scrierile lui van Helmont mai găsim o noțiune care avea să capete drepturi de cetățenie mai tîrziu, aceea de „gas". Termenul îi aparține chiar medicului flamand. Creat ca și alcahestul dintr-o rădăcină necunoscută, el este mai puțin ciudat pentru ochii și urechile contemporanilor, deoarece amintește cuvîntul german „Geist", care înseamnă spirit. Or, acest din urmă cuvînt a fost adoptat de toți și am precizat mai sus semnificația foarte concretă care i se dădea. Însuși van Helmont folosește cuvîntul spirit pentru a defini „gas"-ul; este un „spirit silvestru", adică sălbatic, care nu poate fi condensat. N-am putea spune că el a avut noțiunea existenței mai multor gaze. Se pare mai curînd că el credea că toate corpurile aeriforme răspîndite în aer sînt confundate într-un singur gaz, care se prezintă cu proprietăți diferite în diferite împrejurări. „Gas"-ul poate fi inflamabil, dar nu este vorba numai de hidrogenul nostru, pe care van Helmont l-a întrezărit cu siguranță. Alături de el sînt combustibile și alte gaze, cum ar fi cele produse prin distilarea materiilor vegetale. „Gas"-ul rezultă, de asemenea, din fermentare, din acțiunea acizilor asupra carbonaților, din descompunerea sărurilor prin căldură. Toată această varietate de substanțe pare să se confunde cu o substanță unică constituită din apă. Într-adevăr, vaporii de apă condensați refac apa și observăm o condensare de apă în majoritatea reacțiilor care provoacă nașterea „gas"-ului.

În sfîrșit, „gas"-ul nu trebuie confundat cu aerul. Acesta rămîne pentru van Helmont unul dintre elementele nereductibile, singurul care are această proprietate alături de apă, dar el nu intră, spre deosebire de apă, în constituția materiei. El nu poate fi transformat în apă și apa nu poate fi transformată în aer. Condensarea vaporilor de apă o arată convingător, deoarece regăsim aerul pe de o parte și apa lichidă pe de altă parte. Aerul poate să se transforme unindu-se cu materiile volabile pentru a da „gas"-ul. Dar cînd „gas"-ul este distrus, regăsim aerul neschimbat. Contrar unei noțiuni presimțite de multă vreme, dar nu exprimate, și care va prinde treptat consistență în cursul secolului al XVII-lea, pentru van Helmont aerul pare să nu parti-

cipe în nici un fel la reacţiile de ardere, de oxidare, cît şi la respiraţie. El nu se combină decît cu agenţi aeriformi.

Cu toate lipsurile teoriei lui van Helmont, distincţia pe care o stabileşte între aer şi „gas" este importantă, deoarece el o formulează pentru prima dată. Pînă atunci, aerul era singurul element gazos cunoscut şi integritatea sa era considerată absolută. Van Helmont a pus cel dintîi la îndoială acest principiu.

Cu toate acestea, ideea lui nu a reţinut atenţia comentatorilor săi. Ea pare să nu fi exercitat nici o influenţă asupra concepţiilor chimiştilor din secolul al XVII-lea. Aceasta se explică, fără îndoială, prin faptul că aceştia, ca şi van Helmont, nu cunoşteau mijlocul de a culege gazele şi de a le manipula. Procedeul respectiv nu a fost cunoscut decît destul de tîrziu, şi în curînd teoria flogisticului i-a împiedicat pe chimişti să tragă din primele lor observaţii asupra gazelor concluziile pe care acestea le puteau sugera.

CHIMIA SĂRURILOR. Ideile lui van Helmont s-au bucurat de o primire inegală. Unele, ca de pildă ideea „gas"-ului, erau prea străine de spiritul timpului, pentru a-şi cuceri un loc în gîndirea chimiştilor. Altele, ca noţiunea de *alcahest*, se loveau de o rezervă prudentă, totuşi erau atît de apropiate de concepţiile tradiţionale, încît nu puteau să nu influenţeze profund lucrările şi teoriile ulterioare. Alcahestul a fost căutat cu pasiune de mulţi. Dar mai ales principiul unui element constitutiv universal s-a bucurat de un mare credit. Nici un chimist, medic sau filozof nu a reluat, pe cît se pare, ideea că acest element fundamental ar putea fi apa. Ei au preferat să-l caute printre corpurile cu reacţii mai vii şi pe care ei le cunoşteau mai bine, chiar dacă multe dintre proprietăţile acestora nu aveau decît explicaţii confuze. Sărurile au fost în această ordine de idei principalul lor obiect de experimentare. Într-un anumit sens, chimia sărurilor a jucat, în secolul al XVII-lea, acelaşi rol pe care l-a avut chimia metalelor în secolul precedent şi chimia sulfurilor în evul mediu.

Meditaţiile chimiştilor au avut drept punct de plecare reacţiile de aprindere bruscă a pulberii negre sau a salpetrului cu un corp combustibil. Din pricina puterii sale de detonare era ispititor să priveşti salpetrul ca pe un agent universal care produce nu numai reacţiile chimice, ci şi multe alte fenomene naturale care prezintă o analogie oarecare cu unele proprietăţi ale salpetrului, chiar dacă de fapt nu există nici o legătură între ele. Acest punct de vedere se explică parţial prin faptul că cercetarea chimică se afla pe atunci exclusiv în mîinile medicilor. S-au exercitat probabil alte influenţe pentru a da naştere unor concepţii teoretice care păreau confuze şi disperate, dar între care acum începe să se stabilească o legătură.

Majoritatea istoricilor ştiinţei au neglijat această etapă a chimiei, poate pentru că i-a supărat caracterul pueril (dar numai pentru un cititor modern) al expunerilor teoretice în care abundă literatura din secolul al XVII-lea. Dacă însă abordăm lucrurile fără această părere preconcepută şi dacă facem efortul de a înţelege spiritul acestor texte aşa cum le înţelegeau contemporanii, ne dăm seama pe ce argumente puteau să se bazeze asemenea noţiuni. Acestea devin mai puţin iraţionale, dacă le raportăm la temele mai generale

de observații și de interpretare. Multe studii recente, efectuate, între alții, de Douglas McKie, J. R. Partington, Henry Guerlac, Marie Hall-Boas, au pus într-o lumină cu totul nouă cunoștințele noastre asupra chimiei din secolul al XVII-lea și au permis să înțelegem mai bine evoluția ideilor care a condus la formularea primelor teorii asupra arderii.

SALPETRUL ÎN TEORIILE CHIMICE. Istoricii au rămas la început mirați constatînd că autori ca John Mayow (1641—1679) și Robert Hooke (1635—1703) au desemnat principiul arderii și al respirației prin denumirea de „nitru aerian". Această denumire părea să denote o confuzie profundă. Totuși Mayow era considerat ca precursor genial al lui Lavoisier, după ce a rămas ignorat timp de peste un secol. Astăzi putem preciza importanța lui reală.

Termenul de nitru a fost adoptat de Mayow pentru că era folosit într-o accepție largă cam de la începutul secolului al XVII-lea. Proprietățile salpetrului erau bine cunoscute. Ele erau valorificate atît în pirotehnie, cît și în agricultură. Apropierea dintre forța lui fertilizantă și puterea lui detonantă pare să se afle la originea ideii că există în aer un fel de salpetru căruia i se datorează descărcările atmosferice și forța fertilizantă a ploii și a zăpezii. Afară de aceasta, se pare că fizicianul și chimistul olandez Cornelis Drebbel a reușit să prepare prin descompunerea salpetrului un gaz care întreținea respirația, adică oxigenul. În orice caz, el a indicat că pe această cale ar putea face bună de respirat atmosfera dintr-un vas submersibil inventat de el. Boyle a relatat faptul acesta în 1660, expunîndu-și ideile asupra respirației. Așadar, fără ca să putem preciza exact în ce condiții s-a născut această idee, salpetrul a devenit un agent universal. N. Lefèbvre spune: „Soarele generează nitrul".

Medicii și chimiștii au constatat de mult că prezența aerului este necesară pentru întreținerea respirației și a arderii. Această idee exprimată fără echivoc în textele de la începutul secolului al XVII-lea, frecvent reproduse, pare să fi făcut parte dintr-un fond comun care nu mai era pus în discuție de multă vreme. Robert Boyle (1627—1691) i-a dat mai multă precizare. În timpul cercetărilor pe care le-a efectuat cu pompa pneumatică inventată și construită de el cu ajutorul lui Hooke, el a constatat că în vid un corp atît de combustibil ca sulful nu se aprinde, un corp care arde se stinge, iar un animal nu poate supraviețui multă vreme.

Otto von Guericke a observat că un corp care arde se stinge într-o incintă închisă. Experiențele sale au fost descrise de iezuitul Kaspar Schott în 1657. Boyle a început propriile sale cercetări în anul următor, revenind la ele în mai multe rînduri. În cursul anilor ce au urmat, mulți autori au manifestat interes pentru ele și au dat explicații care sub o formă sau alta țineau cont de prezența aerului. Hooke s-a referit la aceste fenomene în diversele lui comunicări și în lucrarea sa *Micrographia* publicată în 1665. John Mayow a dat o primă teorie a respirației în 1668, într-o lucrarea intitulată *Tractatus duo*, a cărei primă parte este consacrată acestui subiect, apoi și-a expus vederile asupra respirației și a arderii în 1674, în *Tractatus quinque medico-phisici*.

Majoritatea acestor autori fac să intervină un agent particular conținut în aer, pe care ei îl apropie de nitru. Boyle îl numește nitru volatil, Hooke

îl consideră ca o substanţă asemănătoare celei conţinută în salpetru, dacă nu e vorba chiar de salpetru. În sfîrşit, Mayow spune că aerul conţine particule nitroaeriene. Vom reveni asupra acestor teorii. Pentru moment să continuăm să urmărim formarea şi dezvoltarea acestei noţiuni de agent universal răspîndit care produce toate aceste reacţii.

Pentru chimiştii din perioada cam de la 1660 pînă la 1675, nitrul conţinut în aer nu este un „gas" în sensul în care-l concepea van Helmont, ci o sare. Fără îndoială, nu este vorba de un corp salin propriu-zis, ci mai curînd de un spirt de natură salină, extras din principiul denumit „sare" de Paracelsus. Medicul german Ettmüller admite în această perioadă o sare „răspîndită în lumea creată de Dumnezeu, în tot universul şi care este denumită, în mod vulgar, spiritul lumii, atunci cînd este împrăştiată prin aer". El adaugă: „Sarea universală dă naştere în diferite matriţe la sarea particulară, care este de două feluri: acidă şi alcalină".

ANTAGONISMUL ACID-BAZĂ. Această idee era în strictă conformitate cu cele admise pe atunci în mod general. Nu trebuie să ne grăbim să relevăm contradicţia aparentă dintre agentul unic pe care par să-l caute toţi chimiştii şi dualitatea acid-bază. Ettmüller spune că bazele sînt generate de acizi şi ceilalţi chimişti subscriu, mai mult sau mai puţin explicit, la această afirmaţie. Sarea care ar putea fi un agent pasiv devine un ferment activ datorită antagonismului acid-bază.

Locul pe care-l ocupă acest antagonism în teoriile de la sfîrşitul secolului al XVII-lea este caracteristic pentru gîndirea chimică din această perioadă. Reacţia de neutralizare însoţită uneori de efervescenţă şi totdeauna de degajare de căldură sugera o imagine de luptă şi de întrepătrundere. Această imagine se potrivea foarte bine cu explicaţiile mecaniciste ale fenomenelor naturale, explicaţii care se bucurau de un mare credit după moartea lui Descartes. Se atribuie, în general, lui Nicolas Lémery (1645—1715) paternitatea acestor interpretări, deşi în realitate se întîlnesc la mulţi autori care au scris înaintea celebrului profesor.

În *Tratatul de chimie*, elaborat în 1663, Cristofer Glaser descrie diverse operaţii care permit „deschiderea" corpurilor mixte. În acelaşi spirit sînt scrise şi alte lucrări din aceeaşi epocă. Numeroşi chimişti au publicat mici studii consacrate acizilor şi bazelor. În 1672, de Saint-André, medic din Caen, afirma că cele trei principii ale lui Paracelsus sînt constituite din două alte principii mult mai simple: sarea acidă şi sarea acră sau baza.

„Sarea acidă, spunea el, este un corp simplu, de formă ascuţită, care fermentează cu bazele şi care constituie esenţa tuturor corpurilor mixte. Sarea acră este o sare simplă, găurită, care fermentează cu acizi şi care precipită vitriolul lui Marte (sulfatul de fier) în apă".

El explică în felul următor fenomenul de neutralizare:

„Vîrfurile acizilor se potrivesc atît de bine ca mărime şi ca formă cu găurile bazelor, încît le umplu întocmai, în aşa fel că un nou acid nu găseşte în ele nici un por vid care

să poată opri mişcarea lui. Acest acid acţionează de aceea cu atîta violenţă, încît îndepărtează părţile integrante ale acestor corpuri unele asupra altora, împinge unele deoparte, celelalte de altă parte, şi nu încetează să le răscolească şi să le agite decît atunci cînd este separat de ele."

Întreaga lucrare a acestui autor se bazează pe asemenea argumente. Este posibil să fi fost argumentelele lui proprii, dar mulţi dintre confraţii lui au descoperit în aceeaşi epocă argumente asemănătoare. Lémery, al cărui *Curs de chimie* a fost publicat pentru prima dată în 1675, nu este deci autorul ideilor cuprinse în acest curs, după cum nu a fost primul chimist care a predat şi a scris în limba franceză.

TRATATELE DE CHIMIE. Importanţa istorică care se atribuie generalului Lémery este mult exagerată. Ea are la bază elogiul pe care i l-a consacrat Fontenelle. Celebrul istoriograf al Academiei a flatat prea mult memoria lui Lémery. El îi atribuie întreaga claritate a ideilor care s-au introdus în chimie la acea epocă şi opune scrierilor sale, a căror lectură este atît de plăcută, jargonul greoi al lui Glaser. J. B. Dumas a adoptat după un secol aprecierea lui Fontenelle, fără a încerca s-o verifice.

În realitate, tratatele şi cursurile de chimie publicate înainte de Lémery sînt tot atît de clare şi tot atît de complete ca şi tratatul acestuia. Această constatare este valabilă cel puţin pentru lucrările din a doua jumătate a secolului. Numărul lor a fost destul de mare. Caracterul practic al publicaţiilor chimiei în medicină şi în farmacie făcea ca aceste lucrări să se vîndă bine. Mai toate au fost reeditate de mai multe ori şi traduse în limbi străine. Una dintre cele mai vechi a fost scrisă în 1610—1612 de Jean Béguin, duhovnicul regelui. Tradusă în limba latină şi revăzută cu puţin înainte de moartea autorului, ea a fost publicată în 1615 sub titlul *Elemente de chimie*. În lucrarea sa, Béguin defineşte chimia ca fiind arta „de a prepara medicamentele în aşa fel, ca ele să fie mai plăcute la gust, mai sănătoase şi mai puţin primejdioase". Paracelsus a dat chimiei o definiţie mai modernă, pe care Glaser a reluat-o în 1663 în termeni foarte apropiaţi:

„Chimia este o artă ştiinţifică prin care învăţăm să dizolvăm corpurile pentru a extrage din ele diversele substanţe din care sînt compuse, a le uni şi a le îmbina pentru a face din ele corpuri binefăcătoare."

Cristofer Glaser (1628—1672?) a fost profesor de chimie la Grădina regală. L-a urmat la catedră pe Nicaise Lefebvre (circa 1610—1669), de asemenea autor al unui *Tratat de chimie*, care a servit drept model celor care au urmat. În general, aceste lucrări erau alcătuite din patru părţi mai mult sau mai puţin separate. Autorul expunea mai întîi partea teoretică şi descria vasele, cuptoarele, dopurile şi diversele operaţii de laborator; apoi partea esenţială a volumului era consacrată mineralelor, adică metalelor şi derivatelor lor; urma o parte mai scurtă care trata despre produsele extrase din plante, şi în sfîrşit, o ultimă parte, cea mai scurtă, care se ocupa de produsele extrase din animale.

Succesul acestor cărți era favorizat de succesele învățămîntului. De un secol chimia era predată la toate facultățile de medicină. De aceea numărul chimiștilor creștea, ceea ce favoriza progresele disciplinei lor.

UNIFICAREA NOMENCLATURII. O dată familiarizat cu vocabularul secolului al XVII-lea, cititorul de astăzi poate citi fără mare efort lucrările din această epocă. Această familiarizare nu este prea grea, deoarece nomenclatura se unificase considerabil. Ea nu cuprindea încă un termen general pentru desemnarea sistematică a fiecărei categorii de corpuri. Termenii de acid și de bază erau folosiți în mod curent, distingîndu-se baza fixă (soda și potasa) de baza volatilă (amoniacul).

Acizii erau în general desemnați sub denumirea de spirt. Termenii *var* și *pămînt* desemnau oxizii, iar termenul *vitriol* toți sulfații. Se mai întîlnea termenul de *régule* (regul) pentru antimoniu și arsenic necombinate, termenul de *floare* pentru produsele pulverulente obținute prin sublimare ca sulful și unii oxizi și termenul de *magister* pentru preparate mai complicate.

Mai subzistau mari lacune și o oarecare eterogenitate a denumirilor care provenea mai ales din dorința fiecărui autor de a descoperi un medicament nou. În fiecare tratat, toate descrierile corpurilor și ale procedeelor pentru prepararea lor sînt urmate de specificații medicale și farmaceutice. Această abundență de amănunte face să crească confuzia în text. De aceea, cărțile cele mai clare sînt cele scrise de autori care nu erau farmaciști ca Thibaut le Lorrain sau Matte la Faveur, amîndoi distilatori și simpli explicatori de chimie.

DEFINIȚIA ACIZILOR. Cititorul modern observă în toate aceste scrieri precizia cîștigată în cunoașterea naturii și a proprietăților acizilor. Numărul acizilor cunoscuți nu a crescut, dar modul lor de preparare era bine stabilit, deși deocamdată este vorba doar de preparații de laborator, nu de fabricare industrială. Constatăm că termenul apă tare este adesea folosit ca un termen distinct de acidul azotic, primul fiind folosit pentru a desemna apa regală (amestec de acid azotic și acid clorhidric). Spirtul de vitriol sau acidul sulfuric este de asemenea deosebit de uleiul de vitriol, care corespunde acidului sulfuric concentrat, judecînd după descrierea preparării lui.

Toate acestea explică de ce și cum a putut să se afirme tendința de a considera acidul ca un agent universal. Cu toate că această concepție a fost destul de favorabil primită, succesul ei a fost de scurtă durată. Ea pare să nu fi domnit mai mult de vreo douăzeci de ani. Fără îndoială, obiecțiile lui Boyle au contribuit mult la limitarea răspîndirii ei.

Marele savant englez a arătat cît de insuficientă este definiția acizilor. Aceștia erau caracterizați prin efervescența lor în contact cu bazele care, la rîndul lor, erau definite prin aceeași manifestare în contact cu acizii. Boyle a rupt acest cerc vicios, descoperind că siropul de violete capătă o colorație diferită după cum se află în prezența unui acid sau a unei baze. El introduce astfel în analiza chimică folosirea indicatorilor colorați. Boyle a dat, de asemenea, mijlocul de a identifica sărurile de cupru, de fier,

de argint, prin reacțiile lor colorate sau prin precipitări. El a arătat că acizii pot fi descompuși și că un acid nu poate fi nici agent, nici element universal. De altfel, pentru un spirit lucid nu lipseau argumente care demonstrau că un mare număr de corpuri nu conțin nici un acid.

CONCEPȚIILE LUI ROBERT BOYLE. Critica lui la adresa concepțiilor admise pe atunci a cuprins teoriile peripateticienilor și cele ale lui Paracelsus. Ca și van Helmont, Boyle a contestat orice caracter corporal al focului și a respins concepția că celelalte trei elemente ar putea să constituie singure toată varietatea materiei. În ceea ce privește cele trei principii, el a arătat cît de confuze și cît de divers interpretate erau aceste noțiuni. Definiția lipsită de precizie a principiilor lasă să subsiste în permanență o îndoială asupra naturii principiului pe care îl folosește chimistul. Este vorba de o dublă incertitudine. Pe de o parte este greu să știm ce separă principiul necorporal și corpul material desemnat cu același nume, iar pe de altă parte, calitățile atribuite principiilor (volatilitate, culoare etc.) diferă de la autor la autor. În sfîrșit, nu există nici o dovadă, experimentală sau metafizică, că corpurile compuse pot fi descompuse în aceste trei principii sau să se reducă la unul dintre ele.

Boyle a definit corpurile simple și primitive ca fiind cele din care sînt formate corpurile mixte sau compuse — ultimul termen de descompunere a acestora. Această definiție prezintă în aparență o analogie cu cea care avea să fie formulată cu 120 de ani mai tîrziu de Lavoisier. În realitate, la Boyle ea reprezintă mai curînd o concluzie verbală, care se bazează pe unele constatări de ansamblu și nu pe o demonstrație experimentală. Ea se opune mai ales vechilor concepte scolastice și paracelsiene și este mai apropiată de ideile lui van Helmont decît de cele ale lui Lavoisier.

Totuși nu trebuie identificate ideile fizicianului englez cu cele ale medicului flamand. Într-adevăr, dacă Boyle lasă să se înțeleagă — deși nu afirmă acest lucru — că trebuie să existe o anumită unitate a materiei, el este condus de o filozofie mecanicistă a naturii, care implică o constituție corpusculară a materiei. Corpurile simple sînt cele care constituie corpurile mixte — spune el — dar aceasta nu dovedește că tot ce se poate extrage dintr-un corp mixt prin foc sau prin orice alt mijloc există preformat în corpul mixt. De asemenea, nu este sigur că descompunerea unui corp mixt conduce totdeauna la aceleași corpuri simple, dacă folosim agenți de descompunere diferiți. Astfel, în gîndirea lui Boyle, conceptul de element, ca termen ultim al descompunerii chimice, este depășit din punct de vedere metafizic. Deosebirile în felul cum sînt dispuse particulele și variațiile mișcării lor ar putea da elementelor aspecte diferite.

Lucrările lui Boyle cu subiecte de chimie au fost destul de numeroase. Dar miezul esențial al ideilor lui este cuprins în lucrarea sa principală *The Sceptical Chymist*, publicată pentru prima dată la Oxford în 1661.

B. TEORIA FLOGISTICULUI

Scrierile lui Boyle au fost mult citite şi discutate cu pasiune. Cu toate că ideile pe care le aduceau şi critica sistemelor vechi cuprinsă în ele au fost acceptate de un mare număr de contemporani, ele nu au putut stăvili încercările chimiştilor de a găsi un agent universal care să fie recunoscut de toată lumea. Noi concepţii s-au adăugat la cele vechi, ceea ce nu a contribuit la clarificarea învăţăturii.

CONSTITUŢIA CORPUSCULARĂ A MATERIEI. Disputele care au dominat sfîrşitul secolului al XVII-lea şi primii ani ai secolului al XVIII-lea nu s-au referit atît la justeţea teoriilor lui Aristotel sau ale lui Paracelsus, cum ar fi dorit-o Boyle, cît la constituţia corpusculară a materiei şi la interpretările reacţiilor, în special la acţiunea bazelor asupra acizilor. Rezultatul acestor lungi discuţii a fost admiterea generală a concepţiei corpusculare, ceea ce a permis să se introducă noţiunea de afinitate, al cărei istoric îl vom expune mai departe. Ele au lăsat însă în umbră un mare număr de probleme pe care le ridică existenţa atomilor. Această perioadă este caracterizată prin mari eforturi ale imaginaţiei în vederea creării celor mai diverse scheme reprezentative, dar nici una dintre ele nu s-a bucurat de adeziunea generală. Nu vom intra în amănuntele acestor cercetări, care ţin mai mult de istoria teoriilor metafizice ale materiei decît de progresele chimiei. Trebuie să subliniem totuşi că ele au avut o mare influenţă asupra acestei ştiinţe. Obişnuind minţile cu o anumită definiţie a atomului, acreditînd principiul că atomul este indivizibil, imuabil şi specific, ele au pregătit apariţia noţiunii de corp simplu, pe care Lavoisier o va formula în 1780, şi a teoriei atomice moderne, pe care Dalton o va formula în 1805.

APARIŢIA FLOGISTICULUI. În timp ce se desfăşurau aceste discuţii şi apăreau scrieri asupra structurii materiei, un eveniment important a introdus, în sfîrşit, unitatea atît de mult căutată în doctrina chimică: Stahl a creat teoria flogisticului.

Ideea că agentul universal nu putea fi decît focul a fost exprimată de chimistul german J. Joachim Becher (1635—1682). Acesta admitea doi componenţi ai materiei — apa şi pămîntul —, dar distingea trei feluri de pămînt: sticlos, material şi inflamabil. Stahl a dat acestuia din urmă denumirea de flogistic. Scrierile lui Becher ar fi rămas aproape necunoscute, dacă Stahl nu ar fi dezvoltat ideea de flogistic şi nu ar fi retipărit, în 1703, lucrarea *Physica subterranea* a profesorului său, urmată de *Specimen Becherianum*. Aceste două lucrări conţin baza teoriei.

Medic şi chimist, Georg Ernst Stahl (1660—1734) a predat la Universitatea din Halle; el a lăsat în medicină o teorie a animismului, care s-a bucurat de un succes destul de viabil. A avut darul marilor concepţii de sinteză, pe care le-a expus în numeroase lucrări scrise cu vervă, dar în oarecare grabă. Ca mulţi dintre compatrioţii săi din acea epocă, el foloseşte paralel latina şi

germana, amestecîndu-le în frazele sale, dintre care unele sînt foarte lungi. Prima lui expunere a teoriei flogisticului a apărut în 1697, într-o lucrare intitulată *Experimenta, observationes, animadvertiones chymicae et physicae*; a dezvoltat-o apoi în mai multe volume publicate în următorul pătrar de veac. Ideile sale au ajuns însă să fie cunoscute mai pe larg numai datorită cărților comentatorilor săi — Juncker în Germania și Sénac în Franța.

Flogisticul sau focul-principiu nu trebuie confundat cu focul vizibil, am fi aproape tentați să spunem focul material, cel care se manifestă prin flacără și prin căldură în procesul arderii. Flogisticul este un element imponderabil și insesizabil, pe care-l conțin toate corpurile combustibile ca sulful, cărbunele, uleiurile și, mai tîrziu, fosforul. În momentul arderii, el rupe legătura sa cu aceste corpuri. Această pierdere a flogisticului explică schimbarea proprietăților corpurilor arse. Astfel, sulful, care-și pierde flogisticul prin ardere dă acidul vitriolic, uleiurile dau apa și unele reziduuri, care reprezintă deci uleiul mai mult sau mai puțin privat de flogisticul său. Arderea uleiurilor și a plantelor duce la apariția cărbunelui, a funinginii sau a manganului. Flogisticul combustibilului s-a concentrat în cărbune. Cum în timpul arderii sale proprii, cărbunele dispărea, a apărut ideea ispititoare de a-l considera ca fiind format aproape exclusiv din flogistic. Stahl nu a ajuns să spună că funinginea este flogisticul în stare pură, deoarece considera că flogisticul nu poate fi izolat. Alții au sugerat-o după el, și poate că Stahl nu i-ar fi contrazis.

FORMAREA ȘI REDUCEREA „VARURILOR" METALICE. Aspectul cel mai interesant al teoriei este acela care se referă la transformarea metalelor în „varuri" (sau pămînturi, sau oxizi) și la reducerea oxizilor metalici. Metalele conțin cu atît mai mult flogistic, cu cît ele sînt mai ușor transformabile. Metalele perfecte conțin foarte puțin flogistic sau nu-l conțin de loc. Calcinat în aer, metalul își pierde flogisticul. Prezența aerului era de multă vreme recunoscută ca fiind necesară pentru transformarea metalului în oxid. Stahl dă acestei condiții o explicație mecanicistă, în spiritul timpului. Aerul pune în mișcare particulele de flogistic și cînd această mișcare este destul de rapidă, flogisticul se desprinde. Aceeași acțiune are loc în toate procesele de ardere. Mai tîrziu, această explicație se va aplica și respirației.

Dar transformarea metalului în var poate fi de asemenea obținută pe cale umedă. Metalul fiind dizolvat în acidul vitriolic, sau în spirtul de nitru (acid azotic) și sarea fiind calcinată, rămîne varul metalic. În cursul acestor transformări, un corp care conține flogistic (metalul) s-a combinat cu un corp lipsit de flogistic (acidul). Calcinarea a provocat pierderea flogisticului din corpul mixt, care s-a transformat astfel în var.

Reducerea varului este rezultatul cedării flogisticului de către carbon. Acesta reînvie metalul.

O dificultate importantă a fost remarcată imediat. Transformarea metalului în var este însoțită de o creștere a greutății substanței, iar reînvierea metalului de o mișcare a greutății. Pare să existe o contradicție în faptul că pierderea flogisticului duce la creșterea greutății, iar fixarea flogisticului

la scăderea greutăţii. Această contradicţie este flagrantă pentru criticul modern, în mintea căruia există o relaţie constantă şi ireversibilă între materie şi greutate. Ea este mai puţin sensibilă pentru chimiştii primei jumătăţi a secolului al XVIII-lea şi chiar inexistentă pentru unii dintre ei. Într-adevăr, nu trebuie să uităm că flogisticul, fiind un principiu, este liber de constantele materiei. El nu are nici greutate, nici densitate. Poate fi luat în considerare — şi în adevăr a fost luat — numai volumul lui. Stahl a început prin a-i acorda proprietatea de a fi extensibil. Mai tîrziu i-a retras-o. Explicaţiile pe care le-a dat fenomenului care-i încurca pe chimişti au variat şi ele, întrucîtva cu timpul.

La început el a pretins că această diferenţă de greutate provine din faptul că metalul pierde prin calcinare partea sa inflamabilă, în timp ce partea concretă devine astfel mai grea. Mai tîrziu a presupus că plecarea flogisticului lasă goluri în materie, pe care aerul o comprima şi o făcea mai grea. Nu este prea sigur că el şi discipolii săi au evitat complet confuzia dintre greutate şi densitate. Era vorba mai puţin de o afirmaţie, cît mai degrabă de o sugestie, care lasă să se întrevadă natura cauzelor reale, dar nu încă elucidate ale fenomenului.

TRIUMFUL FLOGISTICULUI. CAUZELE ACESTUIA. Nu se punea problema reformării sau a condamnării teoriei care nu explica creşterea greutăţii metalelor calcinate, ci mai curînd aceea a încadrării fenomenului în teorie. Această atitudine avea o raţiune incontestabilă: nici o altă teorie care să explice ansamblul cunoştinţelor chimice nu putea fi opusă teoriei flogisticului. Această teorie apărea ca o încoronare a dezvoltării chimiei de la începuturile ei, deoarece făcea din noţiunea seculară de principiu o dramă demonstrată. Într-adevăr, flogisticul nu era în nici un caz un produs al fanteziei. El era factorul care se aştepta de multă vreme. Avea aceeaşi natură ca şi alţi agenţi insesizabili şi imponderabili, a căror existenţă nu a fost niciodată pusă la îndoială şi dintre care unii au jucat un rol recunoscut în operaţiile chimice, cum ar fi lumina, magnetismul, electricitatea. Aceasta din urmă era mai bine cunoscută de aproximativ un secol. Stephen Gray şi Dufay enunţau primele legi ale acestui fenomen chiar la epoca cînd sistemul lui Stahl îşi stabilea principiile. Oare nu cu ajutorul sulfului, unul dintre corpurile cele mai bogate în flogistic, a obţinut Otto von Guericke primele sale efecte electrice controlabile?

În sfîrşit, sistemul lui Stahl nu se opunea nici uneia dintre marile metafizici ale materiei. El îi satisfăcea pe cartezieni, deoarece dădea o semnificaţie chimică efectelor mişcării şi atribuia o mai mare însemnătate aspectului şi formei substanţei decît greutăţii ei şi pentru că forma moleculelor explica stările fizice. El îi satisfăcea pe atomişti pentru că la baza lui se afla noţiunea de particulă. Avea să-i satisfacă pe newtonieni pentru că se adapta perfect noţiunii de afinitate şi pentru că flogisticul putea figura în fruntea listei în tabelele afinităţilor.

UNIVERSALITATEA FLOGISTICULUI. Neavînd rivali, flogisticul domnea fără lupte. Universalitatea lui satisfăcea spiritul chimiştilor. Într-adevăr, Stahl nu

s-a mărginit numai la fenomenele de ardere. Chimia sa se baza pe două axiome. Prima atribuia flogisticului rolul de agent înzestrat cu proprietăţile pe care le-am văzut. A doua afirma că toate corpurile se combină mai uşor cu cele cu care se aseamănă. Cînd două corpuri prezintă în compoziţia lor acelaşi principiu, ele se combină prin intermediul acestui element comun. Moleculele lor se prind una de alta prin „latura lor cea mai analogă". El explica astfel formarea sărurilor, solubilitatea lor în apă, cît şi formarea amalgamurilor metalice. Stahl a dezvoltat îndelung teoria sa a sărurilor. El vedea o oarecare asemănare de compoziţie între săruri şi baze. Un acid universal intra în compoziţia acizilor. Combinat cu flogistic prin putrefacţie, el forma acidul nitric. Acesta păstra de la flogisticul său proprietatea de a dizolva metalele în virtutea analogiilor. O sare esenţială unită cu flogistic dădea baze. Baza datora solubilitatea ei primului dintre constituenţii ei, iar causticitatea, celuilalt.

Flogisticul era deci nu numai agentul arderii, ci şi al principalelor proprietăţi chimice şi chiar fizice, ca mirosul şi culoarea.

Dispersaţi şi lipsiţi de siguranţă pînă la primii ani ai secolului al XVIII-lea, chimiştii au primit teoria flogisticului cu entuziasm, pentru că ea răspundea aşteptării lor. Unui autor modern îi vine uşor să demonstreze toate slăbiciunile şi contradicţiile ei, punînd în evidenţă eroarea fundamentală pe care se bazează ea. Această eroare indiscutabilă nediscutată de un secol şi jumătate nu putea fi luată în consideraţie de contemporanii lui Stahl, deoarece ei nu bănuiau existenţa gazelor. Ne putem da seama mai bine de importanţa istorică a flogisticului, dacă, făcînd abstracţie de această eroare, încercăm să-i înţelegem rolul aşa cum au făcut-o chimiştii din secolul al XVIII-lea. Cum s-ar putea explica altfel tenacitatea cu care el a fost apărat împotriva atacurilor lui Lavoisier? Trebuie oare să presupunem, aşa cum se pare că au făcut mulţi istorici, că toţi chimiştii care au combătut ideile lui sau au rămas indiferenţi faţă de ele, sau erau nişte neghiobi şi apăreau cu rea-credinţă argumente depăşite? În acest caz ar trebui să plasăm printre ei oameni ca Priestley, Scheele, Cavendish, Macquer, Kirwan şi Richter. Pare mai drept să considerăm că teoria lui Stahl era o mare teorie.

Cartea a doua
ŞTIINŢELE NATURII

CAPITOLUL I
Zoologia

A. CUNOŞTINŢELE ZOOLOGICE

ENCICLOPEDIA LUI ALDROVANDI. Pentru a avea o idee asupra stării în care se găsea zoologia la începutul secolului al XVII-lea trebuie să consultăm enorma enciclopedie, în zece volume in-folio, publicată de Ulisse Aldrovandi (1552—1605), profesor la Universitatea din Bologna. Lucrarea a fost elaborată spre sfîrşitul secolului al XVI-lea, dar volumele au apărut între anii 1599 şi 1616. Această lucrare poate fi considerată, pe bună dreptate, ca punctul de plecare pentru o caracterizare a stadiului de dezvoltare a zoologiei.

Iată mai întîi o schiţă a sistemului după care autorul clasifică animalele. O primă parte cuprinde animale cu sînge roşu şi care reprezintă ceea ce numim în prezent vertebrate. Acestea sînt împărţite în:

I. Cvadrupede vivipare;
II. Cvadrupede ovipare;
III. Păsări;
IV. Peşti, cetacee;
V. Şerpi şi dragoni.

Partea a doua reuneşte toate animalele al căror sînge nu este roşu. Aceste animale „lipsite de sînge" sînt ceea ce numim astăzi nevertebrate şi corespund „Anaimelor" lui Aristotel. Ele sînt împărţite în:

VI. Moi (cu corpul moale);
VII. Crustacee;
VIII. Testacee;
IX. Insecte;
X. Zoofite.

Putem fi uimiţi de amploarea lucrării. Partea în care se vorbeşte despre o istorie literară a animalelor sau descriere zoologică este foarte redusă. Din cele 294 de pagini consacrate calului, numai în trei sau patru se tratează caracterele zoologice ale animalului. Restul nu este decît o vastă compilaţie în care, citînd autorii, se reuneşte tot ceea ce a fost scris, raportîndu-se la istoria calului din toate punctele de vedere: sinonimie, mediu, îngrijire, temperament, afectivitate (fidelitate, generozitate), memorie, reproducţie, simpatii şi antipatii,

întrebuinţarea în timp de război, jocurile, succesele. Nimic nu este trecut cu vederea, nici mitologia (sacrificii, metamorfoze, cai fermecaţi, centauri), nici minunăţiile şi monstruozităţile. O altă parte a lucrării este consacrată proverbelor despre cai, reprezentării lor în pictură, sculptură, pe medalii etc. Aldrovandi nu face astfel decît să urmeze maniera predecesorilor săi, mai cu seamă a lui Gesner.

În zoologie există numeroase tradiţii (multe datînd de pe vremea lui Aristotel) şi opinii ale autorilor mai vechi, care îl duc pe Aldrovandi la constatările cele mai variate. Astfel, el continuă să clasifice liliecii, care sînt mamifere cheiroptere, printre păsări, pentru simplul motiv că au aripi şi că întotdeauna au făcut parte dintre păsări. Asemănarea superficială are mai multă greutate decît diferenţele profunde de organizare, pe care Aldrovandi totuşi nu le ignorează.

Autorul recunoaşte, într-adevăr, că liliecii nu au pene şi nici aripi conformate ca cele ale păsărilor. El ştie că ei zboară cu ajutorul unei membrane alcătuite din pielea întinsă între degetele cu falange alungite. Aldrovandi redă chiar desenul scheletului unui liliac, unde diferenţa este evidentă. Totodată autorul arată că aceste cheiroptere nu fac ouă ca păsările, ci sînt vivipare, adică nasc pui. El ştie că puii se ţin agăţaţi de mama lor, şi anume de mamelele acesteia, hrănindu-se cu lapte, fapt deja semnalat de către Pliniu. Aldrovandi constată, în sfîrşit, că puii, goliaşi la naştere, sînt acoperiţi mai tîrziu de un păr asemănător cu cel care formează blana părinţilor şi a tuturor cvadrupedelor vivipare. Pentru toate aceste motive, constată Aldrovandi, liliecii se apropie de aceste cvadrupede, adică de mamifere. Totuşi el consideră că este preferabil ca liliecii să fie lăsaţi printre păsări, conform tradiţiei, şi aceasta numai pentru că pot şi ei să zboare!

Cetaceele, mamifere marine, prezentau o problemă analogă; ele au fost întotdeauna clasificate printre peşti, pentru simplul fapt că trăiau în apă. Totuşi Aldrovandi recunoaşte că aceste animale (balena, caşalotul, delfinul etc.) nu respiră prin branhii, ci prin plămîni. El notează că, prin toată structura lor (inimă, vase, rinichi, organe genitale, mamele), cetaceele sînt de fapt cvadrupede vivipare. Dar Aldrovandi nu are curajul să tragă toate concluziile care se impun de aici; din prudenţă, volumul publicat în anul 1613 cuprinde atît peştii, cît şi cetaceele. Printre acestea din urmă figurează, de altfel, foca, care este un piniped, lamantinul, un sirenian şi peştele-ferăstrău care este un selacian. Ar fi fost suficientă considerarea membrelor pentru a evita astfel de erori care au la origine asemănări grosolane şi condiţii de viaţă similare.

I. Printre *cvadrupedele vivipare*, Aldrovandi a recunoscut, ca şi predecesorii săi, un oarecare număr de grupe omogene. De exemplu, solipedele sale, al căror picior este format dintr-un singur deget, avînd o copită unică, sînt reprezentate tocmai prin cal, măgar, zebră, culan (specie de măgar sălbatic. — *N.T.*). De ce să fi inclus aici şi elefantul, al cărui picior, dacă pare simplu la prima vedere, nu are totuşi mai puţin de cinci degete? Animalele cu copita despicată (bifurcată) corespund întru totul rumegătoarelor din zilele noastre: autorul citează, pe bună dreptate, vaca, oaia, capra, cerbul, cămila, girafa.

El crede însă că trebuie să adauge și rinocerul, care are trei degete și aparține unei grupe foarte diferite.

Se constată că un simț intuitiv al analogiilor conduce uneori la stabilirea unor serii naturale. Astfel, chiar în domeniul marilor mamifere, care este cel mai ușor de studiat, ele fiind cele mai apropiate de om, iar anatomia lor bine-cunoscută, naturalistul se lasă indus în eroare în fiecare moment: o examinare insuficientă, lipsa unor caractere precise care să servească drept criterii, nu-i permit să evite asimilări sugerate de analogii superficiale. Nicăieri nu se zărește schița unei „metode" care să ducă la o clasificare comodă și logică, dacă nu chiar naturală.

II. Volumul consacrat *cvadrupedelor ovipare* întrunește reptilele și batracienii pentru simplul motiv că aceste animale au patru picioare și fac ouă. Prezența cozii este suficientă pentru a apropia reptilele cu pielea solzoasă, cum e șopîrla, de batraciene, care au pielea nudă, ca salamandra sau tritonul. Șerpii sînt separați de celelalte reptile, pentru că nu au membre: ei sînt tratați laolaltă cu unele ființe fabuloase, cum sînt dragonii și balaurii legendari.

III. În ceea ce privește *păsările*, se găsesc ici și colo cîteva grupe omogene: răpitoarele, galinaceele (găina, fazanul, potîrnichea, prepelița), deși se mai întîlnesc și cîteva păsări picioroange. Porumbeii sînt bine definiți, dar majoritatea grupelor sînt eterogene. Alte grupări sînt pur etologice, ca aceea a păsărilor care trăiesc pe malul apelor sau a acelora cîntătoare.

IV. Studiind *peștii*, Aldrovandi, urmînd exemplul lui Gesner, îi grupează separat pe cei care au un schelet cartilaginos. Criteriul de separare este excelent: unii au o formă alungită, aceștia sînt scvalii sau rechinii; ceilalți sînt aplatizați ca vulpea de mare și peștele-torpilă. Este surprinzător cum poate să figureze printre batoidei zglăvoaca, un pește cu schelet osos. Trebuie să amintim că această eroare este tradițională, comisă încă de Aristotel și respectată cu strictețe de Rondelet, Salviani, Gesner. Ceilalți pești sînt clasificați în mod foarte arbitrar după felul lor de viață: pești de stîncă, de litoral, de largul mării, fluviatili, lacuștri etc., ceea ce nu poate să ducă decît la grupări artificiale (necorespunzătoare realității).

V. Desigur, pentru a fi cît mai complet, Aldrovandi a ținut să descrie și să înfățișeze toate ființele fabuloase: șerpii de mare, despre care ne prezintă două imagini destul de diferite, păsările fabuloase, ca de pildă grifonul (pasăre mitologică. — *N.T.)*, harpiile cu chip de femeie și cu trupul de pasăre răpitoare, stimfalii, balauri ale căror figuri evocă niște caracatițe care au căpătat forme curioase prin uscare. Autorul a fost mai bine inspirat în descrierea monștrilor adevărați (monștri dubli, animale cu două capete, cîini lipsiți de labele anterioare, găină-porc-spinos, cazuri de hipertricoză și de sindactilie la om).

Abordînd studiul animalelor „fără sînge" (actualele nevertebrate,) pătrundem într-o lume de o bogăție nemaiîntîlnită, în mare parte încă neexplorată, formată din animale care corespundeau unor planuri structurale foarte diferite și a căror morfologie internă era aproape cu totul necunoscută. Cum să clasifici aceste ființe altfel decît după asemănarea lor superficială și în conformitate cu tradițiile seculare?

VI. Cele pe care el le numeşte moi *(Mous* sau *Molles)*, corespunzînd parţial animalelor denumite în prezent moluşte, sînt reprezentate prin cefalopode lipsite de cochilie externă şi al căror cap este înconjurat de braţe prevăzute cu ventuze: acestea sînt caracatiţele, sepiile, calmarii. După exemplul lui Gesner, Aldrovandi adaugă acestui grup omogen iepurele-de-mare, care nu are nici o legătură cu aceste cefalopode. În schimb, lipsesc argonauţii şi nautilii, pe care îi vom găsi incluşi într-o altă secţiune.

VII. *Testaceele* sînt în primul rînd animale cu cochilie, adică moluştele noastre de azi: *Dentalium*, gasteropodele (melcii de purpură din genurile *Purpura* şi *Murex*, melcii stenoglozi din genul *Buccinum* şi din genurile *Turbo*, *Trochus*, *Cochlea*, care sînt melcii noştri de azi). Numele de *Concha* serveşte pentru a desemna lamelibranhiatele (midii, stridii, *Solen*, *Pecten*, *Spondylus* etc.), clasificate în mod artificial după ornamentaţiile cochiliei: cochilie striată, cu dungi, cu ţepi.

Aldrovandi situează nautilul, care este un cefalopod primitiv şi pe care nu-l cunoaşte decît după cochilie, printre testacee. Ca o altă specie de nautil, el descrie argonautul, care este un cefalopod autentic, apropiat de caracatiţă şi care trebuie clasificat printre animalele moi. Eroarea se explică prin imaginea pe care ne-o dă: este vorba de un argonaut-femelă, care ţine nacela între două braţe aplatizate, amintind prin forma ei o cochilie pe care animalul o secretă în momentul reproducerii şi în care îşi transportă ponta. Nautilul locuieşte în ultima despărţitură a cochiliei; argonautul fără cochilie ţine în braţe un fel de leagăn: aceasta este suficient pentru a provoca o apropiere întemeiată pe analogii atît de superficiale.

Trecînd peste această eroare, grupul testaceelor ar fi omogen dacă în cuprinsul său nu ar fi fost încorporate şi alte forme, care nu au nici o legătură cu moluştele. Acestea sînt reprezentate prin genul *Balanus* şi prin anatife, care sînt crustacee. Confuzia se datoreşte faptului că aceste animale sînt fixate şi au corpul înconjurat de plăci calcificate care totuşi cu greu pot fi luate drept cochilii. Tot din acelaşi motiv găsim printre testacee aricii-de-mare *(Echinus, Spantangus)* care sînt echinoderme în al căror tegument se găsesc plăci calcaroase.

VIII. Crustaceele din clasificarea lui Aldrovandi corespund crustaceelor superioare din clasificarea actuală, şi anume decapodelor. Aldrovandi cunoaşte mai cu seamă formele mari: langusta, homarul, crabul, pagurul , creveta. El a făcut observaţii interesante asupra pagurilor pustnici şi a remarcat că, pe măsură ce creşte, pagurul părăseşte cochilia goală din care-şi făcuse locuinţă, căutînd una mai încăpătoare, mai pe măsura lui. Dar autorul ignorează aproape în întregime crustaceele inferioare.

IX. Cînd din vasta lume a nevertebratelor au fost separate moluştele şi crustaceele superioare, care pot fi destul de uşor recunoscute, au mai rămas o mulţime de alte organisme pe care Aldrovandi, la fel ca şi predecesorii săi, le clasifică în acest amalgam care este grupa *insectelor;* el le împarte în terestre şi acvatice, le subdivide în: insecte prevăzute cu picioare şi insecte apode. Cele terestre, prevăzute cu picioare, sînt împărţite în aripate şi nearipate.

Cele aripate corespund insectelor propriu-zise. Găsim printre ele albinele, viespile, bondarii, libelulele, cicadele, fluturii. Autorul are meritul de a fi reprezentat mai multe specii de fluturi, alături de omizile şi crisalidele lor. El a stabilit, pe drept, secţiunea bipenelor sau a dipterelor, care nu au decît două aripi, aşa cum sînt muştele şi ţînţarii. Grupul său de coleoptere conţine veritabilele insecte din acest ordin, cum sînt: cărăbuşul, rădaşca, croitorul, cantarida etc., dar şi lăcustele, insectele numite călugăriţe, libărcile, care toate sînt ortoptere.

Dacă ansamblul insectelor aripate este aproape corect, grupa celor fără aripi (aptere) cuprinde de-a valma (pentru faptul că nu au aripi) furnicile (himenoptere), ploşniţele (hemiptere), păduchii, puricii şi, ceea ce este mai grav, scorpionii şi păianjenii, care sînt arahnide, precum şi miriapodele.

Grupa insectelor terestre apode este şi mai prost definită şi se confundă în mare parte cu viermii. Se întîlnesc, într-adevăr, viermii de pămînt, viermii plantelor, ai animalelor, teniile, ascarizii şi, nu se ştie de ce, limaxul, care este o moluscă fără cochilie.

Secţiunea insectelor acvatice este un amestec neverosimil de anelide rătăcitoare *(Scolopendra marina)*, de anelide tubicole, de crustacee („păduchele marin"), de lipitori, de rîme marine, cărora li se alătură stelele-de-mare, ofiuridele, care sînt echinoderme. Urmînd o tradiţie care ajunge pînă la Rondelet, Aldrovandi figurează peştii lofobranhiaţi (acul-de-mare, căluţul-de-mare) printre viermi. Salviani îi consideră ca făcînd parte din dejecţiile mării.

X. Ultima grupă, aceea a *zoofitelor*, reuneşte animale pe care nici Aristotel nu ştiuse unde să le clasifice: actiniile sau anemonele-de-mare, rizostoma sau plămînul-de-mare, holoturia, care este un echinoderm, ascidiile, care sînt tunicieri şi mai ales *Ulva marina*, pe care se fixează colonii de botrili, *Alcyonium* sau mîna-de-mort, un amestec neverosimil de tipuri aparţinînd unor grupe foarte îndepărtate.

În totalitatea ei, lucrarea lui Aldrovandi este o mărturie a aceluiaşi nivel de cunoştinţe şi mai cu seamă de ignoranţă ca şi al operelor precedesorilor săi. Se găsesc aici aceleaşi erori, devenite tradiţionale; progresul este inexistent. Naturalistul continuă să se lase înşelat de asemănările grosiere, confundă ţestul unui arici-de-mare, plăcile unui *Balanus* şi cochilia unui melc pentru că sînt formaţiuni dure şi calcificate. Un tip de organizare ca acela al echinodermelor cu simetrie pentameră este aşa de puţin recunoscut, încît aricii-de-mare se găsesc printre testacee, stelele-de-mare şi ofiuridele, printre insecte, în timp ce holoturiile figurează printre zoofite!

TEATRUL INSECTELOR DE TH. MOUFET. Cîteodată este citat *Teatrul insectelor* (1634) de Th. Moufet (sau Mouffet), ca realizînd un progres substanţial, ceea ce pare îndoielnic. Lucrarea a avut o istorie îndelungată. Materialele adunate de Gesner şi pe care nu le-a putut folosi au ajuns în mîinile lui Thomas Penny, care se afla deja în posesia documentelor adunate de Ed. Wotton despre acelaşi subiect. Penny a lucrat cincisprezece ani pentru a clasifica acest material în întregime, dar a murit înainte de a-şi fi putut termina lucrarea. În ciuda batjocurei celor din jurul său, un medic din Londra, Thomas Moufet, s-a hotărît să

reia lucrarea predecesorilor săi. El a murit, la rîndul lui, în 1604, înainte de a-și publica lucrarea, care nu a văzut lumina tiparului decît în anul 1634.

Cel mai corect au fost tratate insectele și îndeosebi albinele. Autorul comite greșeala de a lua regina drept rege. El schițează un tablou bucolic și fantezist al vieții într-un stup de albine (știubei). Regele se impune supușilor săi prin măreție și prin blîndețea obiceiurilor sale: el este rezultatul unei alegeri judicioase și prudente. Albinele, cu toate că îl ascultă, își păstrează libertatea și judecata, fiind foarte devotate regelui lor. Urmează apoi compilațiile obișnuite despre dușmanii albinelor, despre bolile lor, despre zgomotele care le plac sau despre cele de care se tem. Autorul amintește și legenda după care albinele se nasc din alterarea cadavrelor animalelor nobile, ca taurul, boul, vaca; poporul apicol ar lua ființă din carne, pe cînd regele și șefii, din creier, care este substanța cea mai fină, fapt pentru care aceștia din urmă le depășesc pe albine în măreție, în prudență și în putere.

Grupa dipterelor cuprinde insectele autentice cu două aripi, cum sînt: musca, tăunul, țînțarii negri, dar și insectele cu patru aripi (libelula, calul-dracului, calul-popii). Pare aproape de necrezut că autorul nu a acordat mai multă importanță unei caracteristici atît de evidente, cum este numărul aripilor. De altfel, Th. Penny a făcut observații interesante asupra înmulțirii muștelor: el le-a văzut acuplîndu-se și depunîndu-și ouăle, din care au ieșit larvele sau „viermișorii".

Lucrarea conține desene frumoase a aproape șaizeci de specii de fluturi, dar numai unele dintre ele redau omizile și crisalidele respective. În principiu, omizile figurează aparte, în partea a doua a cărții, consacrată apterelor. Mai multe grupe mici de insecte aripate sînt omogene: cicadele și greierii, libărcile și scarabeii.

În ceea ce privește apterele, ele constituie, ca întotdeauna, un amestec de insecte, arahnide, ploșnițe, căpușe și viermi. Sub denumirea de rîme figurează teniile și nematozii. Proglotele sînt descrise ca niște viermi mobili, asemănători semințelor de dovleac, fără ca originea lor să fie precizată. Din contră, Moufet semnalează prezența, în India și Egipt, a speciei *Dracontia*, care dă naștere unor tumori localizate sub piele și care nu este decît filaria de Medina.

Lucrarea, rămasă neterminată, se încheie cu două planșe, în care sînt reprezentate, fără legendă, o tenie, păianjeni, scorpioni, hermione, o penatulă, o larvă de ditisc, omizi și, conform tradiției, niște nefericiți căluți-de-mare. Acest mic bazar zoologic exprimă bine neputința naturaliștilor epocii de a îmbrățișa lumea imensă a insectelor.

HISTORIA NATURALIS DE J. JOHNSTON. Ultima mare enciclopedie zoologică, publicată între anii 1657 și 1665, este *Historia naturalis* de J. Johnston (1603 — 1675), apărută cu o sută de ani mai tîrziu decît aceea a lui C. Gesner. Lucrarea reia, aproape fără nici o schimbare, planul lui Gesner și Aldrovandi. Se regăsesc aici cvadrupedele vivipare, oviparele (amfibii și reptile), păsările, inclusiv cheiropterele (liliecii), peștii și cetaceele pe care Aldrovandi le separase, șerpii și balaurii, insectele (insectele propriu-zise, arahnidele, miriapodele, viermii,

melcii, crustaceele inferioare, lipitoarea, stelele-de-mare și, bineînțeles, căluțul-de-mare).

Moluștele corespund și aici cefalopodelor și iepurelui-de-mare : testaceele sînt moluște cu cochilie — gasteropode și lamelibranhiate, cum sînt și aricii și balanușii. Crustaceele superioare continuă să formeze un grup omogen, dar zoofitele reunesc, de-a valma, actiniile, alcionarii, holoturiile, ascidiile.

Aldrovandi i-a imitat mai mult sau mai puțin pe Belon și pe Gesner; Johnston îl copiază întocmai, în mod servil, pe Aldrovandi. La ce bun această istorie naturală în care nu se găsește nimic nou? Se repetă aceleași greșeli, aceleași confuzii. În decurs de un secol, de la Gesner (1551—1558) pînă la Johnston (1657—1665), zoologia nu a făcut nici un progres vizibil, rămînînd într-o stagnare completă.

LUCRĂRILE LUI RAY ȘI WILLOUGHBY. Ar fi trebuit să închei cu aceste aprecieri pesimiste, dacă la sfîrșitul secolului nu ar fi apărut lucrările lui J. Ray (1627—1705) și ale prietenului său Willoughby, care au adus un suflu nou în acest domeniu. Deoarece colaboratorul său murise de timpuriu, Ray a fost acela care a scos la lumină *Ornithologia* de Willoughby, în 1675, precum și cealaltă lucrare a sa *De historia piscium*... (în 1686), căreia i-a adus completări, redactînd primele două volume. El însuși a editat în 1693 un *Synopsis al patrupedelor și al șerpilor*. Lucrarea lui Ray *Historia insectorum* nu a apărut decît după moartea sa, în 1710.

Sistemul lui Ray continuă și el să fie inspirat din acela al lui Aristotel. Anaimele (nevertebratele) sînt împărțite în moi, crustacee, testacee și insecte. De altfel, clasificarea vertebratelor este mult clarificată prin utilizarea criteriilor anatomice. Ray face o deosebire între peștii care respiră prin branhii și celelalte vertebrate care au o respirație pulmonară. Structura inimii permite izolarea reptilelor care nu au decît un ventricul de celelalte animale. În ceea ce privește mamiferele și păsările care au două ventricule, acestea se deosebesc între ele prin faptul că patrupedele (mamiferele) sînt vivipare și acoperite cu blană (peri), în timp ce păsările fac ouă și sînt înveșmîntate cu pene.

Nu mai era posibil ca cetaceele, care sînt mamifere propriu-zise, să fie așezate alături de pești. Willoughby recunoaște că „ele respiră prin plămîni, se împerechează asemenea patrupedelor, nasc pui și, prin toată structura și constituția organelor interioare, se aseamănă cu patrupedele vivipare". Totuși Willoughby nu a îndrăznit să tragă de aici o concluzie care ar fi fost prea revoluționară, înclinînd să lase cetaceele printre pești. Cu mai multă logică, dar plin de prudență, Ray a preferat să le rezerve acestora un loc aparte.

Succesul acestei clasificări a vertebratelor ne dezvăluie metoda care ar fi trebuit urmată pentru a face ordine în bogata lume a nevertebratelor. Dar această încercare ar fi fost prematură.

B. ANATOMIA ANIMALĂ

Naturaliștii epocii posedau de multă vreme cunoștințe aprofundate despre anatomia umană, care puteau servi drept călăuză în studiile asupra vertebratelor. O mulțime de autori au disecat animale ușor de procurat sau provenind din menajerii, descriind organizarea lor internă. Comparația se impunea uneori, dar anatomia comparată — restrînsă chiar numai la vertebrate — nu exista încă.

Cu toate acestea, încă din 1555 Belon a scos în evidență asemănarea dintre structura scheletului omului și aceea a unei păsări, plasînd animalul într-o anumită poziție, și anume ridicat în picioare, cu aripile căzîndu-i în lungul corpului, asemenea brațelor omului. De altfel, Aldrovandi a reprodus această figură a lui Belon. Leonardo da Vinci a stabilit analogii între oasele gambei și ale piciorului de la om și acelea ale piciorului posterior al calului. Dar aceste exemple nu au fost în general urmate.

M.A. Severino (1580—1656), fost profesor la Colegiul din Napoli, a publicat în 1645 un remarcabil tratat de anatomie comparată, în care insistă asupra asemănărilor dintre diferite animale, în ciuda deosebirilor care le caracterizează. Vrînd însă să generalizeze aceste asemănări, el stabilește comparații fără valoare între animale și plante.

Anatomistul olandez G. Blaes (sau Blasius) adună în lucrarea sa *Anatome animalium* (1681) toate cunoștințele dobîndite asupra principalelor animale domestice, ca și asupra leului, tigrului, hienei, iepurelui, șobolanului, elefantului, cerbului, cămilei etc. Lucrarea este însoțită de șaizeci de planșe, în care autorul reproduce figurile originale publicate de predecesorii săi. Dar Blaes nu urmează nici un plan metodic de expunere, nu tratează în mod succesiv diversele aparate, ceea ce nu-i permite să efectueze comparații folositoare.

Între anatomiști mai trebuie citat Fabricius d'Acquapendente (1533—1619), care a descris stomacul cu patru despărțituri al rumegătoarelor; el a fost unul dintre primii care au studiat dezvoltarea embrionară la puiul de găină. Totodată, d'Acquapendente a observat diversele tipuri de placente la mamifere și a lăsat frumoase desene de anatomie animală.

Interpret al naturaliștilor Academiei regale de Științe din Paris, care realizează, începînd din 1667, un program continuu de studii anatomice și de disecții pe animale, medicul și arhitectul Cl. Perrault (1613—1688) publică, începînd din anul 1671, o serie de monografii despre leu, porcul mistreț, cămilă, vultur, bibilică, struț, broască țestoasă etc., care ne-au furnizat documente prețioase. Tot el a fost acela care a descoperit valvula spirală din intestinul peștilor selacieni.

Lui Duverney i se datoresc numeroase memorii publicate între anii 1676 și 1693 asupra structurii animalelor pe care a avut ocazia să le disece: viperă, struț, arici, panteră, elefant. Collins, în cartea sa *Sistemul de anatomie* (apărută în 1685), descrie mai cu seamă anatomia păsărilor și a peștilor. Edward Tyson (în anul 1680) publică monografiile despre delfin (1680), crotal (1683), opossum (1698) și despre cimpanzeu.

Marele anatomist și naturalist danez Niels Steensen (Nicolas Sténon, 1638—1686) a lăsat importante lucrări despre anatomia calcanului (1664), a rechinului (1667) și a altor diverși selacieni (1673). De asemenea, în 1673 el publică un studiu despre mușchii vulturului, considerat ca una dintre cele mai remarcabile lucrări de anatomie ale acestei epoci, deși nu cuprindea nici o ilustrație.

Medicul olandez Nicholas Tulp, care figurează, pare-se, printre personajele celebrului tablou *Lecția de anatomie* de Rembrandt, include în scrierile sale *Observationes medicae* (în 1640) un scurt studiu asupra lui *Satyrus indicus* sau „orangutanului". Deși arată că maimuța ar fi fost capturată în Angola, el istorisește că în Borneo (Kalimantan) aceste animale sînt atît de îndrăznețe și de puternice, încît atacă nu numai femeile, ci și oamenii înarmați. Tulp, care ne-a lăsat și o figură a unui astfel de animal, insistă asupra extraordinarei asemănări dintre această maimuță mare și om. Fața, urechile sînt aceleași ca și la om, iar membrele se aseamănă așa de mult cu ale acestuia din urmă, „încît nici un ou nu ar putea să semene atît de mult cu un alt ou".

Astfel, încetul cu încetul s-au adunat laolaltă materiale care vor permite într-o bună zi elaborarea unei anatomii comparate a vertebratelor. Acest termen a fost folosit pentru prima oară de N. Grew, în 1675, ca titlu al memoriilor sale asupra trunchiului, stomacului și intestinelor diferitelor mamifere, păsări și pești.

Dacă în domeniul zoologiei vertebratelor se dobîndise un oarecare grad de precizie, în acela al zoologiei nevertebratelor cunoștințele erau încă rudimentare. Cum ar fi putut zoologii epocii să se descurce în mijlocul atîtor mii de animale construite după zeci de planuri de organizare diferite și despre a căror anatomie internă nu se știa mai nimic, pentru că nu aveau drept călăuză decît aparențele exterioare. Cum să nu confunde învelișul țepos al unui arici (echinoderm) cu plăcile calcaroase ale lui *Balanus* (crustaceu) sau cu cochilia unui melc (moluscă) pentru a reuni aceste organisme într-o singură grupă, aceea a testaceelor? Să notăm totuși că medicii englezi Thomas Willis și Martin Lister studiază, în ultimul sfert al secolului, anatomia anumitor nevertebrate.

ANATOMIA MICROSCOPICĂ. Cercetările de anatomie au fost mult ușurate prin folosirea microscopului. De cele mai multe ori era vorba de o simplă bilă de sticlă fixată într-o ramă de metal care constituia o lupă puternică, obiectele fiind examinate prin iluminarea directă și nu prin transparență. Cel mai renumit observator din această epocă a fost Robert Hooke (1635—1703). Pentru iluminare, el a utilizat fie lumina solară filtrată printr-o hîrtie unsă cu ulei, fie o lampă de ulei prevăzută cu un glob de sticlă umplut cu apă și o lentilă care avea rolul de a concentra lumina. Cu ajutorul acestui aparat, Hooke a examinat numeroase nevertebrate pe care le-a reprodus în planșele gravate cu delicatețe din lucrarea sa *Micrographia*, publicată în 1665: ace de albină, labe de muscă, aripi de insecte, ochi de libelulă, radulă de melc, țînțari, păianjeni, furnici, paraziți acarieni, ortoptere, pseudoscorpioni, purici, păduchi, mici viermi cilindrici ai oțetului etc. Încă din 1625, Stelluti și Cesi publică un *Apiarium*, în care se găsesc excelente figuri de albine observate la microscop, cu detalii ana-

tomice (cap și organe bucale, labe, ac etc.). Un alt microscopist italian, Battista Odierma, publică în 1644 un discurs ilustrat asupra ochiului de muscă.

F. Redi (1626—1697), în lucrarea sa *Experiențe asupra generației insectelor*, apărută în 1668, a studiat și a reprezentat păduchii diferitelor animale (capră, cămilă, măgar, cerb, găină, lebădă, păun, broască țestoasă), căpușa care parazitează tigrul, diferite furnici și țînțari, insectele provenind din tumorile (gale, cecidii) plantelor, scorpionul de Tunisia, musca din mijlocul tulpinii soculuï. Astfel a fost deschis gustul pentru observații precise și amănunțite. Redi publică în 1684 o lucrare despre *Animalele vii care se găsesc în animale vii*, ceea ce constituie contribuția sa zoologică cea mai importantă. Este vorba de un veritabil tratat de parazitologie, în care sînt descrise mai mult de o sută de specii de paraziți (viermi intestinali, acarieni, insecte). Doi elevi ai lui Redi, Bonomo și Cestoni, au dat în 1687 prima descriere ilustrată completă a parazitului care produce rîia *(Sarcoptes scabiei)*[1].

Medic și naturalist, Marcello Malpighi (1628—1694) a publicat în anul 1669 un studiu remarcabil despre fluturele de mătase. El a crescut mulți viermi de acest gen, i-a disecat, le-a urmărit creșterea și năpîrlirea. A observat cum se formează coconul, a studiat crisalida, a descris și a disecat fluturii adulți. Malpighi a descris traheele și ramificațiile lor, veziculele umplute cu aer, deschiderile sau stigmatele acestora. Le-a regăsit apoi la greier, la rădașcă, la lăcustă, la albină și și-a dat seama că aceste tuburi umplute cu aer jucau la insecte rolul plămînilor.

Malpighi a studiat inima pe care a văzut-o bătînd, mușchii, tubul digestiv; el a descoperit tuburi îndoite de mai multe ori ce aveau o culoare galbenă ca paiul sau ca șofranul, pe care le-a văzut apărînd la punctul de unire a ventriculului (stomacul) cu intestinul. Acești „rinichi" ai animalului vor fi cunoscuți în viitor sub denumirea de tuburile lui Malpighi. Autorul a descris la omidă glandele care produc mătasea, iar la adult, aparatele genitale ale ambelor sexe. Tot el a descris organele pe care le-a reprezentat în numeroase planșe. Acesta este primul studiu anatomic complet al unui nevertebrat. În afară de aceasta, în 1661, el va descoperi capilarele din plămînul broaștei.

Un alt observator abil al animalelor microscopice a fost Antony van Leeuwenhoek (1632—1723); lui i se datorează descoperirea globulelor roșii din sînge și a striației transversale a fibrelor musculare. Leeuwenhoek a fost primul care a observat circulația sîngelui în vasele capilare. De asemenea, el figurează printre primii care au văzut spermatozoizii. Lui îi aparține o anatomie a midiei și o biologie a puricelui. Leeuwenhoek a studiat micile crustacee, cum sînt balanușii care trăiesc fixați pe cochilii, pe care i-a reprezentat foarte bine, cu cirii sau apendicii lor.

Pe lîngă iluminarea directă, Leeuwenhoek a mai folosit și examinarea prin transparență, ceea ce i-a permis să descopere rotiferele și infuzorii. El vorbește, într-adevăr, despre o ființă cu corpul turtit, de formă ovală, care „avea niște picioare neverosimil de subțiri ce se mișcau cu foarte multă repeziciune" și

[1] În 1626, Marsigli a semnalat niște coșuri în pielea mrenelor, în care trăiește un sporozoar parazit, cunoscut azi sub numele de *Myxobolus pfeifferi*. — *C.M.*

care erau de fapt cilii vibratili ai infuzorilor; Leeuwenhoek a descoperit mai multe specii, reușind chiar să vadă microbi (coci, bacili, vibrioni) în tartrul dentar.

Acest observator remarcabil a studiat, în 1695, păduchii de plante, descoperindu-le viviparitatea: el a stabilit că femelele nu conțineau niciodată ouă, ci pui mici gata formați. Leeuwenhoek a făcut experiențe care au constat în izolarea femelelor. Pe o ramură de coacăz negru, complet lipsită de paraziți și introdusă într-o sticlă umplută cu apă, el a așezat două femele: în douăzeci și patru de ore, una a născut nouă pui, cealaltă șase. Autorul a avut fericirea să fie martorul mai multor nașteri de acest fel.

„Ceea ce mi s-a părut cel mai extraordinar — adaugă Leeuwenhoek — este faptul că n-am descoperit nici una din aceste gîngănii care să fie de talie mijlocie și din care să nu fi putut extrage pui în formare...; niciodată nu mi s-a întîmplat să-mi cadă în mînă o gînganie oarecare, pe care s-o pot considera drept mascul."

Observații noi confirmînd această absență a masculului ne-au făcut să admitem, conchide el în anul 1700, că păduchii de plante prezintă acest fenomen care nu mai fusese observat niciodată pînă atunci, de a putea „naște pui fără împerechere cu masculul". Aceasta era prima constatare despre o reproducere partenogenetică.

Semnalînd interesantele observații microscopice făcute în 1678, de către Christiaan Huygens asupra protozoarelor, rotiferelor și nematodelor, trebuie, totuși, să rezervăm un loc deosebit lui Jan Swammerdam (1637—1680). El nu a profesat niciodată ca medic, dar s-a consacrat studiului anatomiei nevertebratelor. Sănătatea lui era foarte delicată: pe jumătate dezechilibrat din cauza influenței mistice a unei vizionare, Antoinette Bourignon, el moare în mizerie, la vîrsta de 43 de ani.

Cu toate acestea, Swammerdam ne-a lăsat o operă considerabilă, în mare parte postumă. În afară de un studiu aprofundat asupra insectelor, cărora a crezut că le poate nega metamorfozele, el a disecat numeroase animale, făcîndu-ne cunoscută anatomia lor și ilustrîndu-și descrierile cu planșe minunate. Swammerdam ne-a făcut cunoscută structura insectelor (albina, viespea, bondarul, furnica, lăcusta, greierele, cărăbușul, sfinxul, fluturii de zi și de noapte, muștele, efemerele etc.), a crustaceelor [paguri, dafnii (crustacee de apă dulce)], a numeroase moluște (midia, melcul, *Turbo*, *Voluta*, *Venus)*, aceea a scorpionului, a broaștei și a mormolocului acesteia.

Prin disecarea unui gasteropod pulmonat de apă dulce *(Viviparus)*, Swammerdam a descoperit și a reprezentat puii acestei specii vivipare. El a remarcat la acest animal niște formațiuni „vermiculare" care erau sporaciștii unui trematod și a văzut ieșind larvele care au început să înoate repede datorită oscilațiilor cozii lor. Prin multiplele sale observații, Swammerdam a deschis curiozității naturaliștilor calea spre o lume nouă.

Ar mai putea fi citat pictorul Jan Goedaert care, în cartea sa apărută în 1662, a redat, fără nici o ordine, tot ceea ce studiase. El avea „mai mult talent de pictor decît de observator", mulţumindu-se să dea omizilor, fluturilor, muştelor nume fanteziste, cum ar fi: leneşa, solitarul (sau singuraticul), întîrziata etc. Goedaert a văzut o omidă al cărei corp era umplut cu viermişori din care au ieşit o mulţime de muşte, dar se pare că el nu a înţeles că este vorba de un fenomen de parazitism.

Astfel, în numai cîţiva ani, Malpighi, Leeuwenhoek şi Swammerdam au fondat anatomia nevertebratelor, baza necesară oricărei clasificări ulterioare.

CAPITOLUL II

Fiziologia animală

Fiziologia secolului al XVII-lea reprezintă ultimul, dar cel mai de nezdruncinat bastion, în care se refugiase aristotelismul. Dacă Galilei pusese capăt unei fizici practicate de biologi, va fi în schimb nevoie de mai bine de un secol pentru a se putea constitui treptat o biologie practicată de fizicieni.

Despre corpul omenesc, locuit de suflet, se pare că nu se poate da o reprezentare mașinistă, devenind în acest sens o excepție sprijinită de numeroase argumente. De pildă, elementele care îl compun nu formează un simplu amestec, ci o adevărată combinație, ceea ce interzice abordarea experimentală sau analitică. *Fiziologia* lui Fernel (1554), pe linia trasată de Aristotel, subliniase diferența dintre simpla adăugare a părților (buretele îmbibat cu apă, pietre și pulbere măcinată) și reunirea lor.

„Silaba nu este același lucru cu literele care o compun: BA nu este identic cu B și A, așa cum carnea nu este identică cu focul și Pământul, căci după despărțirea elementelor, nici unul dintre aceste corpuri — carnea sau silaba — nu mai există, în timp ce literele, ca și focul și Pământul continuă să existe. Silaba este deci ceva mai mult decît literele din care se compune, vocale sau consoane, ea este ceva cu totul diferit..." (Aristotel, *Métaphysique*, Z, 17, trad. J. Tricot, p. 308).

De aici reiese că noțiunea de temperament nu înseamnă o simplă potrivire de dispoziții, ci echilibrul lor armonios.

Secolul al XVI-lea mai păstrase ceva din principiile lui Aristotel sau Galen. Tot ce este însuflețit este conceput ca o formă înscrisă într-o materie pe care sufletul o înalță. În același timp, această putere difuzează în ansamblul pe care îl animă, se răsfrînge după gradul de unificare sau de integrare pe care îl atinge; în felul acesta se disting regnul vegetal, regnul animal și oamenii. Funcțiile vegetalelor se reduc la creștere, hrană și reproducere; la acestea, animalele adaugă sensibilitatea și mișcarea, iar omul inteligența și consecințele ei.

Or, secolul al XVII-lea se ridică împotriva acestei fiziologii imateriale, finalizate și ierarhizate. Din această luptă va lua naștere anatomia modernă — mai demistifiantă chiar decît astronomia —, descriind mai puțin o realitate pe care nu o recunoaște ca obiect și sustrăgînd-o dintre proprietățile care o fac greu de înțeles, o știință care se străduiește mai ales să dea explica-

ția funcționalității sale numai prin așezarea sau configurația părților. Pe scurt, școala italiană din Padova, urmașa lui Vesalius și Fallope, a lui Colombo și Eustache, îl desăvîrșește pe Galilei, care, de altfel, preda în orașul lor încă din 1592.

DEZBATEREA ASUPRA PROPRIETĂȚILOR VEGETATIVE: ASIMILAREA ȘI DIGESTIA. Fiziologia vegetativă a fost o ramură bine dezvoltată încă din secolul al XVII-lea tocmai datorită caracterului său materialist. Chiar dacă funcțiile nutritivă și digestivă nu au fost clarificate decît în secolul al XVIII-lea, secolul al XVII-lea a știut cel puțin să-și pună întrebări despre ele. Acest fenomen denumit chilificare prezintă pentru savanții epocii un caracter surprinzător și demn de studiat:

„Este un lucru minunat, notează Cureau de La Chambre, cum carnea neagră, roșie sau verde devine atît de ușor albă, cum lucrurile amare, iuți sau sărate se îndulcesc pe dată, cum cele solide și dense devin fluide și subtile, în timp ce cele care sînt prea subtile se densifică..." (*Nouvelles conjectures sur la digestion*, 1636, p. 31)[1].

Se constată atunci că această metamorfoză nu se produce de fapt printr-o simplă încălzire, pentru că și animalele cu sînge rece digeră. În afară de aceasta, zoologia oferă și alte indicații în acest sens, întrucît unele carnivore, păsări sau șerpi înghit fără să mestece, ceea ce înlătură explicația mecanică a triturației. Se caută un model explicativ, pentru că nici imaginea casnică a fierberii sau a coacerii, nici schema fizică a agitației mecanice nu mai poate servi ca bază. Astfel, van Helmont, în al său *Traité de la digestion*, reduce asimilarea la un șir de procese fermentative. El merge chiar mai departe, făcînd o distincție categorică între secreția stomacală (acidă) și cea duodenală (alcalină), analizînd sucul gastric și, îndeosebi, impunînd în acest domeniu o soluție biochimică.

„Actualele curente, înșelate de căldura proprie a animalelor și de anumite alte caracteristici ale lor, compară digestia cu o oală care fierbe și consideră căldura drept cauza naturală și adevărată a digestiei și a altor fenomene din natură... Cu toate acestea, părerea că, deși fiartă sau gătită într-un fel oarecare, carnea nu se transformă total într-un suc chiliform, ci își păstrează fibrele întregi, introducea anumite îndoieli în aceste opinii".

În acest fel, fiziologia digestivă renunță la cîteva din aberațiile sale, și chiar dacă nu rezolvă încă cu adevărat această problemă, știe să o reia în

[1] Această lucrare a lui Cureau de La Chambre este mai puțin cunoscută prin reflecțiile sale stranii asupra digestiei, cît mai ales prin violența prefeței sale. F. Brunot scrie: „Autorul declară că a sosit momentul în care latina trebuie părăsită ca limbă științifică; ea este considerată bună doar pentru scrierea fabulelor sau a istoriei timpurilor trecute și nu poate nicidecum servi atunci cînd trebuie să vorbim despre natură — o realitate atît de apropiată de noi..." *Histoire de la Langue française*, vol. III, partea a 2-a (1600-1660), p. 715. — *N.A.*

secolul al XVII-lea: Réaumur și Spallanzani[2] nu vor avea decît să desăvîrșească mișcarea inițiată de van Helmont — un veritabil precursor al biochimiei.

O ALTĂ PROBLEMĂ LEGATĂ DE VEGETATIV: REPRODUCEREA ȘI ORGANOGENEZA. Dar dezbaterea trebuia să fie purtată mai ales asupra celei mai importante dintre funcțiile vegetative: generarea și reproducerea, ultima funcție fiind cu atît mai vegetativă, de altfel, cu cît spe sfîrșitul secolului, sexualitatea este într-un anumit sens recunoscută și la plante (prin Camerarius). Aristotelismul, revăzut și îmbunătățit de Galen, amplifică importanța acestei probleme în măsura în care iatromecanicismul nu reușește să explice nașterea ființelor vii și dezvoltarea lor progresivă apelînd numai la legile materiei și ale mișcării. Acest eșec al epigenezei dă amploare biologiei. Acesteia nu-i lipsea forța necesară, deoarece recunoștea necesitatea a doi indivizi sexuali în procesul de procreație. Dar dacă sămînța bărbătească transmite și cauzează viața, în schimb nu o poate *materializa*, deoarece nu poate pătrunde în uter; prin urmare, ea vehiculează o influență (*aura seminalis*), o putere de plăsmuire. Femela, la rîndul său, oferă terenul sau materia necesară dezvoltării embrionului.

Lucrarea lui Harvey *Exercitationes de generatione animalium* (1651) era destinată să confirme soluția aristotelică. Harvey urmărește, cu minuțiozitate, dezvoltarea embriologică a puiului de găină, face autopsia căprioarelor pe care regele Carol I îi permitea să le disece, iar în urma acestor cercetări el anulează diferența care se făcea între ovipare și vivipare, de unde faimosul dicton *ex ovo omnia*. Desigur, el confundă embrionul din primele zile cu oul și nu face nici o distincție între animalele care ouă înainte de fecundare și mamifere, care inversează momentele și ouă după fecundare. Harvey își sprijinea teoria pe cazul peștelui mascul, care fecundează înafară ouăle, dovadă că sămînța nu acționează decît printr-o exalare, printr-un spirit.

Treptat, ovismul se va preciza în lucrări ca *De musculis et glandulis observationum specimen*, de Sténon (1664), *Prodromus*, de van Horne (1668), *Anthropogeniae ichnographia*, de Kerckring (1671) și, îndeosebi, *De mulierum organis*, de Regnier de Graaf (1672). Din ele reiese că ouăle cad din ovar — care detronează uterul —, ajungînd apoi în uter prin trompe. Astfel, anatomia și fiziologia ovulației încep să iasă din confuzia lor inițială. Printre altele, o experiență care ar dovedi existența acestui drum al sămînței femeiești ar fi legarea trompelor; ea ar trebui să împiedice orice posibilitate de fecundare.

[2] Pe lîngă alte descoperiri importante, Lazzaro Spallanzani, prin experiențe brutale dar precise, a dovedit rolul capital pe care îl joacă urechea în orientarea liliecilor. Un liliac cu urechile perfect astupate nu se mai poate orienta, ci se lovește de toate obstacolele și cade la pămînt, pe cînd un liliac orbit se dirijează absolut fără nici o dificultate. Marele naturalist italian a fost precursorul teoreticienilor „ecolocației". — *C.M.*

Dar, în 1677, Leeuwenhoek trimite o scrisoare către Royal Society, în care sînt descrişi „animalculii" spermatici, care, după el, ar fi mobili. În corespondenţa sa cu Huygens (1678), microscopistul Nicolas Hartsoeker va confirma atît prezenţa, cît şi înfăţişarea lor (nu ca nişte simple filamente, puse în mişcare de căldură). O astfel de descoperire se opune doctrinei oviste, după care embrionul se află constituit în ou. Dimpotrivă, spermatozoidul pare adevărata materie vie, deci purtătorul fetusului. Sub presiunea faptelor, se dovedeşte necesară o orientare către „ovo-vermism", spre recunoaşterea rolului celor două substanţe, dar obstacolul cel mai important se află încă undeva în afara acestor limite.

O problemă încă şi mai importantă, axată pe cea dinainte, domină fiziologia secolului al XVII-lea: nu atît cea a modalităţilor sau circumstanţelor generării, cît generarea însăşi. Fie că există un mecanism strict care încearcă, în zadar, să făurească fiinţa vie numai urmînd legile materiei, fie, avînd în vedere imposibilitatea de a asista la această fabricare, „preexistenţa" în sămînţă a unei fiinţe vii, care trebuie presupusă, deoarece nu se poate forma. Şi, în această ipoteză, problema secundară care se pune este de a şti care dintre acestea două, ovulul sau spermatozoidul, o conţine.

Deşi amîndouă se vor dovedi în curînd necesare, nici una dintre aceste două teorii nu abordează problema fundamentală a organogenezei: cum se creează şi se realizează fiinţa vie? Este vorba de o îmbinare întîmplătoare a părţilor sau o simplă desfăşurare a unei esenţe? Noii fizicieni înregistrează insuccese, iar „preformiştii", la rîndul lor, mai mult evită decît rezolvă această dificultate. Spre sfîrşitul secolului al XVII-lea, şi unii şi alţii vor fi asaltaţi de obiecţii. Dar gîndirea nu poate să oscileze decît între raportarea la materia nudă şi refugiul către un Dumnezeu ca unicul creator. Ştiinţele dezvoltării şi ale organizării nu pot lua naştere în secolul al XVII-lea. Avîntul lor presupune rezolvarea a numeroase chestiuni prealabile, care pun sub semnul întrebării atît pe Dumnezeul teologilor, cît şi universul mecaniciştilor, de altfel mai puţin opuşi decît completîndu-se reciproc, în ciuda aparenţelor.

DESCOPERIREA CELOR TREI CIRCULAŢII. Dar fiziologia acestui secol al XVII-lea, care s-a împotmolit şi a bătut pasul pe loc, se va elibera, în sfîrşit, datorită abordării problemei circulaţiei sîngelui — mişcare în mod explicit situată de către autorii săi la graniţa dintre vegetativul strict şi senzitiv, deasupra nutritivului, dar sub proprietăţile motrice (naşterea gîndirii, mişcarea inimii şi a arterelor, respiraţia). Această descoperire pune în evidenţă un ansamblu atît de neobişnuit, încît enunţul său nu va fi desăvîrşit decît pe etape şi doar parţial. Harvey este primul care a realizat anasamblul (1628).

La drept vorbind, nu trebuie să se considere o singură circulaţie, ci trei. Prima dintre ele — cea mică — se referă la trecerea sîngelui din ventriculul drept al inimii către plămîni şi de aici în ventriculul stîng. Miguel Servet o descrisese, în 1553, în *Christianismi Restitutio*, iar apoi o reluaseră Vésalius (1555) şi Colombo (1559)[3]; dar este ciudat faptul că ea a fost descrisă într-o

[3] De această teorie se ocupaseră mai înainte şi R. ARNALDEZ (vezi vol. I, pp. 521—525, şi M. D. GRMEK (prezentul volum, p. 158). — *N.A.*

carte de teologie. Un ilustru fiziolog, Flourens, a răspuns la această întrebare:

„Scriptura spune că sufletul se află în sînge, că sufletul este sîngele însuși. *Anima est in sanguine, anima ipsa est sanguis.* Deoarece sufletul este în sînge, își spune Servet, pentru a ști cum se formează el, trebuie să vedem mai întîi cum se formează sîngele iar pentru a ști cum ia naștere acesta, trebuie să vedem felul în care se mișcă... Spiritul vital se formează din amestecul aerului, prin inspirație, cu sîngele, care din ventriculul drept trece în cel stîng, amestec care se face în plămîni. Și nu trebuie să credem, așa cum se întîmplă de obicei, că sîngele trece dintr-un ventricul în celălalt prin peretele subțire care le separă; el nu poate trece dintr-un ventricul în altul decît prin plămîni" (Despre descoperirea circulației sîngelui, *Journal des Savantes*, aprilie, 1854, p. 194).

Cea de-a doua, numită marea circulație, o completează pe prima: în 1593, botanistul Cesalpino constată (în *Quaestiones peripateticae*), că dacă se leagă venele brațului, sîngele nu se adună deasupra locului apăsării, ci sub el. Rezultă că prin vene sîngele ajunge la inimă și nu invers. Încă din 1574, Fabricio d'Acquapendente explicase cu minuțiozitate faptul că în interiorul anumitor vene există valvule, care au rolul de a ușura reîntoarcerea sîngelui. Iar dacă Fabricio și Cesalpino puseseră temelia noii fiziologii a circulației, lui Harvey îi revine meritul de a fi explicat cu claritate, pe baza acestor elemente disparate, funcționarea ei. Lucrarea sa din 1628, *Exercitationes anatomicae de motu cordis et sanguinis*, este surprinzătoare atît prin excepționala valabilitate a integrării ansamblului, cît și prin diversitatea argumentelor aduse drept sprijin (anatomie comparată, calcule precise, embriologie).

Astfel, „cu cît arterele sînt mai apropiate de inimă, cu atît mai mult se deosebesc de vene, ele fiind tari și fibroase; dar ramificațiile lor mai îndepărtate, de exemplu cele de la mînă, picior, creier, mezenter sau testicule, au o structură atît de asemănătoare, încît cu greu se pot distinge unele de altele printr-o simplă examinare a pereților lor... Iar cu cît arterele sînt mai îndepărtate de inimă, cu atît este mai slab șocul pe care îl primesc, deoarece acesta se dispersează pe parcurs" (trad. Ch. Richet, 1879, p. 174).

Descrierea de mai sus nu îl anticipează, oare, pe Malpighi, maestrul descrierilor amănunțite, care, de altfel, va face cunoscută rețeaua capilară artero-venoasă (1661)? Fiziologia lui Harvey se sprijină, în mod sistematic, pe anatomia comparată[4]:

„Greșeala frecventă a anatomiștilor constă în faptul că ei încearcă să cunoască și să descrie organele animalelor, cercetînd doar omul sau cadavrul uman, procedînd

[4] Nu este inutil să insistăm asupra rolului pe care l-au avut măsurătoarea și calculul în argumentația lui Harvey. El arată că prin inimă trece mult mai mult sînge decît s-ar putea forma din alimente. Teoria galenică este deci absurdă. Prin această operă de *biologie cantitativă*, Harvey se alătură experimentatorului van Helmont pentru a ataca rămășițele aristotelismului. — *V.S.*

asemenea celor care ar dori să cunoască politica studiind constituţia unei singure ţări ... Deoarece peştilor le lipsesc plămînii, şi din cauza aceasta nu.au decît un singur ventricul, raportul dintre inimă şi vase se observă la ei foarte uşor" (p. 91).

Sau: „Nu se vede oare în ouăle pe care le clocește găina sau la embrionul extras din uterul unor animale inima bătînd în acelaşi fel ca şi la adulţi?" (p. 95).

Lucrarea *De motu* uimeşte, de la început şi pînă la sfîrşit, prin simţul său experimental ascuţit, prin îndrăzneala ipotezelor, prin logica sa deosebit de riguroasă. Cu această lucrare se iniţiază pentru prima oară o mişcare cu adevărat biologică, gîndită ca un tot unitar, analizată pînă la ultimele ei consecinţe: „... de aceea medicamentele aplicate în exterior se comportă ca şi cum ar fi absorbite... Venele absorb prin orificiile lor substanţele aplicate pe piele şi le introduc în sînge" (154).

Cea de-a treia circulaţie, independentă şi diferită de primele două, trebuie să aibă, în acest caz, o importanţă incontestabilă. Ea a fost, în adevăr, la fel de discutată şi la fel de revoluţionară ca şi celelalte. În 1622, G. Aselli, un anatomist din Pavia, a disecat diafragma, cu intenţia de a pune în evidenţă rolul şi influenţa nervilor, precum şi raza lor de acţiune. Însă nu mişcările abdomenului i-au reţinut atenţia, ci vasele complet albe (*venae albae et lactae*). El leagă acest lucru de faptul că tocmai atunci cîinele operat îşi terminase masa. La animalul flămînd nu se poate observa, efectiv, acest *quartum vasorum mesaraicorum genus*, adică cel de-al patrulea gen de vase mezaraice (alături de nervi, artere şi vene). Este adevărat că, încă din 1553, Eustache descrisese traiectorul venei toracice, dar abia în 1651, Jean Pecquet clarifică această problemă a reţelei limfatice şi ganglionare (*De circulatione sanguinis et chyli motu* şi *De thoracis lacteis*). Vasele chilifere se varsă într-o cisternă (numită astfel de Pecquet), apoi, prin canalul lui Eustache, ajung în vena subclaviculară. După el, chilul (adică alimentele ingerate) nu trece prin ficat, pe care îl înlătură din funcţia centrală pe care o ocupă, şi consideră că hrana poate ajunge direct în sînge prin intermediul vaselor limfatice. Ca şi apariţia „circulaţiei mari", acest fapt a stîrnit la fel de multă vîlvă. În sfîrşit, danezul Thomas Bartholin generalizează acest sistem (*Vasa lymphatica*, 1653), arătînd că există chiar în ficat vase care au limfă transparentă şi nu chil alb digestiv — lucru uşor vizibil la oricare animal flămînd; el dovedeşte, prin apăsarea anumitor părţi, că acest lichid circulă. În acest fel se dă o nouă lovitură teoriei care susţinea rolul glandei hepatice şi dominaţiei ei în fiziologie.

FIZIOLOGIA SENZORIALO-MOTRICĂ. ANIMALUL-MAŞINĂ. Sensibilitatea şi mişcarea caracterizează viaţa animală propriu-zisă şi alcătuiesc cel din urmă capitol al fiziologiei. Cu mult timp înainte, Galen cercetase acest teren, separase nervii senzitivi (moi) de cei motori (tari), înlăturase teoria aristotelică a rolului inimii, recunoscuse importanţa creierului şi situase în encefal originea acestei „pneuma", care curge de-a lungul nervilor, întăreşte muşchii şi provoacă mişcarea. În secolul al XVII-lea, Descartes lărgeşte sfera acestei probleme: sufletul animalelor — care de altfel nu există decît

ca nume — aflat în permanentă acțiune și mișcare, deoarece ia naștere din căldura inimii și a sîngelui, poate explica pe deplin mișcările automate complexe executate de către animal. Într-adevăr, excitațiile senzoriale, pe care Descartes le compară cu degetele organistului pe claviatură, acționează indirect asupra comportării sufletului; glanda pineală devine însuși centrul la care ajung ordinele, de unde pleacă răspunsurile și unde, în cele din urmă, gîndirea poate să se transforme în mișcare. Ne aflăm, mai mult sau mai puțin clar, în prezența unui fel de „regulator cu bulă", deosebit de bine adaptat. După felul mediului, după variațiile sale, după diferitele presiuni exercitate asupra lui, căile de acces se închid sau se deschid — o mașină complet automatizată și finalizată, perfect reglată pentru a răspunde la toate solicitările mediului.

Or, neurofiziologia secolului al XVII-lea se va întreține în primul rînd din opoziția, mai mult sau mai puțin convingătoare, cu această concepție și cu acest sistem pe care mulți dintre fizicienii timpului îl vor îmbogăți și îl vor susține:

1°. Astfel, unii vor căuta să înlocuiască „schema termică" printr-o schemă chimică, mai adecvată fenomenelor nervoase de excitație, de tremur, de convulsie sau de clonism. Contracția musculară se va imagina, în acest caz, în conformitate cu o deflagrație intimă, mai cu seamă dacă fibrele nervoase (senzitive și motoare) nu mai pot avea rolul de tuburi sau de curele de transmisie și nici mușchii rolul de recipienți. În acest sens, Th. Willis este un inovator, așa cum a arătat G. Canguilhem: cu adevărat, nu numai că *De motu musculari* (1670) propune o interpretare energetică — și nu una carteziană — a contracției musculare, dar autorul ei este cel dintîi care separă aspectul reflexului, diferențiind două tipuri de răspunsuri: „Mișcările spontane sau cele voluntare sînt comandate de sufletul cerebral, iar cele naturale sau involuntare — de către sufletul cerebelului"[5]. În mod incontestabil, Willis inițiază și fondează un nou cîmp de experimentare în neurologie, dat fiind că esențialul în această direcție constă în analiza actelor executate. Dar se vor găsi mulți care vor opune rezistență, ca de pildă cartezianul Régis:

„Este de neimaginat faptul ca o fermentație să se poată produce și să se întrerupă de îndată ce este necesar, sau ca ea să reînceapă să se declanșeze în așa fel, încît să producă o mișcare atît de rapidă ca cea a degetelor unui organist sau ale unui cîntăreț la lăută" (*Système de philosophie*), vol. II, 1690, p. 538).

2°. Cea de-a doua jumătate a secolului al XVII-lea se va ocupa mai ales de problema cunoașterii comportării animalelor, cu alte cuvinte să afle dacă această comportare poate fi redusă la un simplu automatism sau dacă nu cumva ar trebui să se recunoască la animale un fel de suflet. Aceasta este o vastă problemă de psihofiziologie, pentru care s-au înfruntat teologii, metafizicienii, medicii și literații (La Fontaine, *Discours à Madame de la Sa-*

[5] G. CANGUILHEM, *La formation du concept de réflexe aux XVIIe et XVIIIe siècles*, Paris, 1955, p. 72.

blière sur l'âme des animaux; cartezianismul, cu explicaţiile sale mecaniciste se vede astfel obligat să bată în retragere. Cu observaţii foarte diverse şi argumente foarte puţin comparabile, iezuitul Pardies (*Discours de la connaissance des bêtes*, 1672), J.B. Duhamel — membru al congregaţiei oratorienilor — (*De corpore animato*, 1673), medicul Lamy (*Discours anatomiques*, 1675) şi, în special, Willis (*De anima brutorum*, 1672) contestă mecanizarea şi sugerează ideea unui naturalism sau chiar a unui oarecare animism. Astfel că unele titluri ale capitolelor lucrării lui Willis trădează teza însăşi:

„Capitolul II: *Animam bruti esse corpoream et igneam.* Capitolul VI: *De sciencia sive cogitatione brutorum (bruta ab experientia, item ab exemplo, imitatione et institutione docentur. Quantum valet quod bruta cognoscere possint).* Capitolul VII: *Anima corporea, sive brutorum, cum anima rationali comparatur.*"

Dar Cordemoy (*Le discernement du corps et de l'âme en six discours*, 1666), Rohault (*Entretiens sur la philosophie*, 1671) sau Dilly (*De l'âme des bêtes*, 1676) luptă contra acestei *anima corporea* şi nu vor să înţeleagă prin corp decît nişte ansambluri hidropneumatice.

„Văd, de exemplu, cum se întoarce în fiecare zi o pendulă, dar nu am văzut niciodată cum se întoarce maşinăria unui cîine. Nu toate maşinăriile se întorc în acelaşi fel şi nu toate au contragreutăţi drept principiu de funcţionare. Ceasurile de buzunar se bazează pe un sistem de resorturi, unele dispozitive pentru învîrtit frigarea — pe fumul de la vatră, morile — pe acţiunea apei sau a vîntului, termometrele — pe încălzirea sau răcirea aerului, barometrul — pe diferite presiuni exercitate asupra lui, hidrometrul — pe diferitele grade de umiditate, iar animalele — pe alimente, astfel încît putem spune că maşinăria lor se întoarce ori de cîte ori li se dă de băut şi de mîncat" (Rohault, *Entretiens*, p. 153)[6].

Fără îndoială că toate acestea favorizau asimilarea teoriei „organismului-maşină".

„Statuia din fier căreia, pe vremuri, un prizonier îi inventase un mecanism ca să poată face de mai multe ori înconjurul palatului regelui Marocului pentru a prezenta în genunchi o jalbă, după care revenea la închisoare, este de-a dreptul remarcabilă, ca şi capul din cărămidă care rostea cîteva cuvinte, confecţionat pentru Albert cel Mare.

Scopul pe care domnul Reiselius şi l-a propus de cîţiva ani şi care, în sfîrşit, a izbutit... este chiar mai demn de admiraţie. Nu este vorba de o mişcare exterioară, indiferentă şi numai a anumitor părţi ale corpului, aşa cum are loc la o maşină ca oricare altele, ci este o operaţie universală şi comună tuturor deprinderilor corpului,

[6] Pentru Descartes, animalul este un automat analog ceasornicului (lanţ cinematic). Viziunea aceasta va fi extinsă la om de către La Mettrie. Descartes poate fi privit ca cel care a introdus noţiunea de reflex. „Cartesianismul" în fiziologie se prelungeşte peste secole în opera lui I.P. Pavlov. — *V.S.*

esențială vieții omului — și anume circulația sîngelui și a sufletului." (*Journal des Savantes*, 22 noiembrie 1683, p. 501).

3°. Se pune întrebarea dacă nu cumva este nepotrivit privilegiul acordat glandei pineale[7]. Astfel, celebrul arhitect și în același timp anatomist și zoolog, Claude Perault, taie în felii emisferele cerebrale la diferite animale și în urma acestei operații este nevoit să recunoască funcțiile primordiale ale cerebelului (căruia i se anunța o lungă domnie), precum și ale bulbului rahidian. Prin acest lucru el a cauzat clătinarea unuia dintre pilonii edificiului mecanicismului cartezian, atacîndu-i pe chimiști și pe psihofiziologi, care susțineau fermentarea și, respectiv, comportarea animală.

DEOSEBIREA DINTRE VIAȚĂ ȘI GÎNDIREA DESPRE VIAȚĂ. Fiziologia secolului al XVII-lea nu strălucește, în ultimă instanță, prin rezultatele obținute în cele trei domenii — vegetativ, circulator și motor, — ci mai ales prin experiența metodologică deosebit de îndrăzneață care a însuflețit-o.

Înainte de toate, trebuie să menționăm că fiziologia nu a așteptat acest secol ca să se dezvolte, deoarece cel care a fondat-o și a determinat esența metodelor a fost Galen. Iar iatromecanicismul, care caracterizează în mod normal acest secol, chiar dacă își datorează dezvoltarea lui Galilei (și faimoasei școli a lui Borelli, Bellini și Baglivi, care aplicase legile hidraulicii mișcărilor și funcțiilor organice), de fapt continuă o mișcare anterioară, de inspirație pitagoreică. Santorio reluase principiile lui Nicolaus Cusanus (*De Staticis experimentis*, 1450) și este unul dintre cei dintîi care recursese la instrumente de măsură; el utilizase termometrul, inventase sfigmometrul și crease chiar (1614) acea *Statica medica* care, prin intermediul unui scaun conectat la o balanță, permitea să se măsoare simultan ceea ce omul absoarbe și pierde prin transpirație. Dar acest unic arbore nu reușește să ascundă întreaga pădure; trebuie reținut că încă din timpul evului mediu, pentru diferite motive, se răspîndise părerea că biologia poate fi redusă la o simplă mecanică și că fenomenele calitative ale vieții pot fi asimilate cu anumite cantități. Aceasta pare a fi tendința încă începînd cu de *quantitatibus et proportionibus humorum* a lui Ricart, și pînă la nenumăratele „calculatoare" construite în cursul secolului al XV-lea și al XVI-lea, de la Leonardo da Vinci și pînă la Marliani.

Cu alte cuvinte, nici încercarea de a reprezenta ființa vie sub o formă fizică, nici descrierea corpului organizat nu aparțin, de fapt, secolului al XVII-lea. În schimb, lui îi revin meritele unei îndrăzneli fără precedent a metodelor — tentativa împinsă la limită de mecanizare, justificată de metafizică. Acest mod de abordare este nu numai excesiv, dar și fecund,deoarece elimină necesitatea sufletului și altor facultăți insesizabile, încurajează anatomia structurală, și

[7] Glanda pineală (epifiza) a fost aleasă de Descartes drept zonă strategică pentru suflet pentru că e un organ impar și are, la om, o situație specială în raport cu mișcarea lichidului cefalorahidian. Azi se admite că pineala este un organ endocrin — teză susținută timp de decenii de școala endocrinologică românească (C.I. Parhon, Șt. Milcu). — *V.S.*

mai mult ca oricînd, prin identificarea animalului cu un aparat (celebrul orologiu sau orga), îi postulează completa posibilitate de a fi înțeles. În afară de aceasta, Descartes nu ignorează „substanțiala uniune dintre suflet și corp", dar această „viață trăită" nu are nimic de fapt cu o teorie asupra vieții. Existența și esența sînt atît de separate între ele, încît aceasta din urmă poate fi dezvoltată independent, fără a fi jenată de artificialitatea celei dintîi. Descartes eliberează un spațiu de înțelegere pură și, la propriu vorbind, însăși înțelegerea prin spațiu.

Această biologie care nu se mai bazează pe sentiment sau pe experiența vieții se va bucura de sprijinul tuturor: al fizicienilor, care, de la Cl. Perrault la Huygens, de la Mariotte la Robert Boyle, nu disting analiza lucrurilor de cea a ființelor; al noilor instrumente ale științelor experimentale (mai ales microscopul); și al unor factori mai generali — mașinismul care tocmai se răspîndește, nenumăratele societăți savante care iau acum naștere (academii și reviste, propagînd noua doctrină). Această mecanizare metodică și fără limite a servit în acest fel mult biologia, pe care o scoate din făgașul ei empiric; și tot ea va stîrni mai tîrziu o adevărată critică pozitivă care va cauza propria-i cădere. Ipoteză dialectică, necesară și, în același timp, destinată pieirii.

În încheiere și oarecum simplificînd, se pare că, în cursul secolului al XVII-lea, fiziologia părăsește tărîmul său de origine; născută în Italia, dezvoltată îndeosebi în secolul al XVI-lea, alături de anatomie și biologie, ea urcă treptat spre Olanda, unde, grație microscopului, este reluată și clarificată (Swammerdam, Leeuwenhoek) și în cele din urmă își va găsi în Franța adevărata ei patrie și strălucire. Dar experimentatorii englezi, Robert Hooke *(Micrographia*, 1665), Robert Boyle *(Nova experimenta pneumatica respirationem spectantia*, 1671, și *Medicina hydrostatica*, 1693), Willis, ca și cum l-ar aștepta cu adevărat pe Newton, o vor transforma, orientînd-o către chimia fermentativă și energetică[8].

Fiziologia își schimbă tărîmul, trecînd pe nesimțite din sud către nord, din lumea mediteraneană, unde își întocmise temelia, către Anglia, care o va prelua și desăvîrși.

[8] Nu trebuie trecută cu vederea nici influența *directă* a galileismului în opera lui Borelli, creatorul biomecanicii. Opera sa *(De Motu Animalium)* își păstrează în mare parte valoarea, indiferent de caducitatea doctrinei iatromecanicii (despre care se va vorbi peste cîteva pagini). — *V.S.*

CAPITOLUL III

Medicina

La prima vedere, secolul al XVII-lea nu apare poate ca o epocă prea strălucită în comparație cu secolul precedent, care, scuturîndu-se de medicina antică, se îndreaptă către medicina bazată pe observații precise, singurul izvor posibil al descoperirilor noi. Aceasta însă doar în aparență, căci de fapt toate metodele de lucru introduse în perioada Renașterii au fost folosite și după aceea, deși sămînța rodnică răspîndită atunci de-abia acum începe să dea roade. Dacă secolul al XVI-lea a fost consacrat în primul rînd anatomiei, secolul următor va fi acela al fiziologiei, știința care pe vremea aceea, ca și mai tîrziu de altfel, va fi în strînsă legătură cu anatomia, și care nu se putea dezvolta decît bazîndu-se pe cunoștințe de anatomie solide, stabilite în prealabil. Desigur, și secolul al XVII-lea a avut anatomiștii săi, dar marile tratate fuseseră deja scrise. Dacă în domenii foarte diferite s-au remarcat o serie de medici, acest secol nou rămîne totuși în primul rînd secolul lui Harvey, în așa măsură descoperirea marii circulații pe care el a făcut-o a prilejuit zdruncinarea unor credințe milenare. Urmările acestei descoperiri au fost incalculabile pentru sfera cunoștințelor medicinii moderne.

Cu toate acestea, dacă ne plasăm pe un plan mai general, amintindu-ne că medicina era încă, mai cu seamă la popoarele germanice, o emanație a filozofiei, numele lui Galilei, Descartes, Francis Bacon, Newton și Leibniz merită să fie citate, deoarece influența acestor oameni asupra gîndirii filozofice și științifice din timpul acela a fost foarte mare. Operele lor revin des în mintea savanților, punînd mereu probleme privitoare la corpul omenesc.

A. ANATOMIA UMANĂ

Inventarea microscopului va lărgi considerabil cîmpul de investigație al anatomiștilor, creînd chiar o știință nouă, anatomia microscopică. Dintre toate ramurile anatomiei, osteologia este aceea care s-a pretat la cel mai mare număr de cercetări, poate pentru că era mai ușor de studiat; dar ea începuse să fie considerată ca un capitol introductiv al studiului patologiei osoase. Într-adevăr, anatomia nu va rămîne întotdeauna o treabă a anatomiștilor, ci ea va fi studiată

în egală măsură de numeroşi chirurgi şi chiar de medici. Oasele craniului vor forma obiectul a numeroase cercetări, mai cu seamă sfenoidul şi etmoidul, dar şi oasele de dimensiuni mai mici, ca şi micile osişoare. Miologia de amănunt a fost şi ea la mare cinste, studiindu-se, de exemplu, muşchii tensori ai osişoarelor. Nicolas Sténon a demonstrat că inima trebuie să fie considerată ca un muşchi, descoperire care a avut un mare răsunet.

Datorită lui Harvey s-a pus mult preţ şi pe angeiologie. Au fost aprofundate, în aceeaşi măsură, problemele de amănunt, ca de exemplu circulaţia coronariană, patologia sa stîrnind un viu interes. Anevrismele au reţinut atenţia a numeroşi savanţi care le tratau fie pe cale medicală, fie pe cale chirurgicală. Merită să fie semnalată o eroare care a dăinuit multă vreme, şi anume aceea a capilarelor neurolimfatice. Observaţia amănunţită nu era deci întotdeauna aplicată cu rigurozitate.

Una dintre ramurile anatomiei care a pasionat cel mai mult lumea medicală a fost neurologia. Toţi se aplecau cu interes asupra creierului şi a nevraxului, ca şi asupra învelişurilor lor, fără să mai vorbim de lungile discuţii purtate în jurul lăcaşului sufletului. Iată de ce opera pe care Jacques Sylvius o inaugurase în secolul al XVI-lea a găsit condiţii optime de dezvoltare. Thomas Willis şi-a îndreptat atenţia asupra creierului şi asupra nervilor cranieni (aceştia încă nu erau în întregime cunoscuţi şi numele lor difereau de cele actuale). Raymond Vieussens şi-a îndreptat şi el atenţia asupra aceloraşi organe şi asupra sistemului nervos periferic. Organele de simţ au făcut obiectul de cercetare a numeroşi savanţi. A.M. Valsalva a inaugurat studiul anatomiei urechii. Oftalmologia n-a fost domeniul exclusiv al medicilor, căci numeroşi fizicieni, cum au fost Peiresc, P. Scheiner şi Mariotte, s-au preocupat de problemele opticii.

În sfîrşit, marile organe au fost studiate mai în amănunţime, fiecare străduindu-se să contribuie cu date noi la cunoaşterea lor, ca de exemplu A. van der Spiegel în ceea ce priveşte ficatul, Lorenzo Bellini, în anatomia rinichiului, J.C. Peyer şi J.C. Brunner, în aceea a intestinelor, J. G. Wirsung, Sténon şi Thomas Wharton în anatomia glandelor. Organele genitale au reţinut atenţia a numeroşi cercetători, dintre care ar trebui să citäm, în primul rînd, pe N. Highmore şi Regnier de Graaf.

Una dintre caracteristicile secolului al XVII-lea o constituie apariţia histologiei (pe atunci i se spunea anatomie microscopică), consecinţă a descoperirii microscopului, care şi-a pus puternic amprenta pe ştiinţa acestei epoci. Vom reaminti numele lui Robert Hooke, a lui Antony van Leeuwenhoek, curiozitatea neobosită a lui Malpighi care, alături de descoperiri interesante, a comis şi unele erori regretabile. Frederic Ruysch, în afară de studiile sale în acest domeniu, a dezvoltat anatomia microscopică, perfecţionînd, dacă nu chiar inventînd, tehnica injecţiilor vasculare. El a reuşit, de asemenea, să păstreze cadavrele în stare nealterată, dar n-a divulgat nimănui secretul.

B. MARILE SISTEME

IATROCHIMIA. Utilizarea chimiei în medicină începe de la Paracelsus şi discipolii săi, dar această revoluţie formidabilă este departe de a fi încheiată. Introducerea substanţelor chimice în terapeutică era într-adevăr mai mult decît un mijloc de a face concurenţă medicamentelor galenice. Chimiatria a apărut ca o expresie a dorinţei arzătoare de a îndrepta terapeutica pe o cale înţeleaptă, deoarece pînă atunci ea nu fusese decît rezultatul metodelor empirice mai mult sau mai puţin valoroase. Alături însă de „paracelsieni", secolul al XVII-lea a cunoscut şi oameni al căror scop era căutarea pietrei filozofale, a aurului potabil, a panaceului universal şi a procedeelor de prefacere a metalelor. Istoria chimiei a fost marcată în această epocă de celebra dispută a antimoniului, a cărei origine mergea pînă în secolul precedent. În această ceartă, facultatea din Paris, adversară a noului medicament, s-a opus medicilor din Montpellier care monopolizaseră locurile de onoare de la Curte. A fost o luptă aprigă şi de lungă durată (circa o sută de ani), luptă în care noii galilei au fost văzuţi lepădîndu-se în mod solemn de credinţa lor în însuşirile faimosului metal. Dar antimoniul a ieşit învingător datorită regelui care a fost vindecat luînd un vin antimonial, aşa încît parlamentul din Paris s-a văzut nevoit să reabiliteze medicamentul din Montpellier printr-un decret rămas celebru.

Germania a ocupat şi ea un loc important în chimiatrie, fapt dovedit *ipso facto* prin crearea de catedre de chimie în facultăţi după exemplul Franţei, mai ales al Facultăţii din Montpellier. Italia şi celelalte ţări din Europa occidentală au avut şi ele cîţiva medici chimişti, dar în număr mult mai restrîns. Galeniştilor adversari ai noutăţilor chimice, cum erau Guy Patin şi Jean Riolan, li s-au opus oameni ca Joseph Duchesne (Quercetanus) şi Th. Turquel de Mayerne; între aceste două tabere diametral opuse s-au situat cîţiva conciliatori mai puţin sectari, ca Ange Sala şi Daniel Sennert.

O altă categorie de chimişti a lucrat pentru a îmbogăţi farmacopeea cu produse noi. Aceste farmacopei care s-au dezvoltat treptat în toată Europa occidentală au fost opera medicilor şi a spiţerilor. Ele manifestau interes atît pentru medicamentele chimice, cît şi pentru toate celelalte produse medicamentoase.

Însufleţiţi de un elan deosebit, paracelsienii şi succesorii acestora au încercat să explice fiziologia umană, şi deci patologia, prin reacţii chimice. După cum se exprimă foarte bine P. Delaunay, omul devenise o retortă. Această încercare era foarte ispititoare, căci dacă funcţionarea organismului depindea numai de chimie, tulburările în această funcţionare explicau foarte bine bolile. Cît despre terapeutică, ea se deducea imediat din cele arătate mai sus, prin restabilirea normală a operaţiilor chimice. Acest fel de a gîndi era minunat. Dar, din păcate, cei care l-au pus în practică au crezut că fiziologia şi patologia nu se rezumau decît la faptul că totul putea fi explicat prin chimie. De aceea, dacă au înregistrat unele succese care i-au încurajat să persevereze în această direcţie, alte încercări au atras ridicolul asupra acestui sistem, făcînd să treacă neobservat orice aport al chimiei. Iată de ce a trebuit să treacă mult

timp pînă cînd chimia pură să se edifice pe baze experimentale solide, pentru a putea să-și facă din nou apariția în medicină, sub numele de chimie biologică.

Ideea conducătoare a lui Jean-Baptiste van Helmont (1577—1644) este determinismul care comandă funcțiile, așa cum soarta corpului omenesc este sub dependența unui principiu imaterial, pe care-l numește „principiu de viață". Acesta are în subordinea sa alte principii de viață secundare, care conduc funcționarea diferitelor organe prin acțiunea fermenților. La baza vieții stă nutriția și van Helmont situează principiul de viață în stomac.

Patologia va fi explicată printr-o disarmonie între principiul general de viață și celelalte principii secundare. Ea va avea o cauză exterioară, dacă agentul dăunător este în afara organismului, și una internă, dacă este vorba despre tulburări funcționle. Dar, ca discipol al lui Hipocrat, van Helmont nu vede în cauza exterioară decît un element secundar, deși determinant. Trebuie mai întîi ca organismul să fi acceptat boala; în termeni moderni, am spune că van Helmont pune pe primul plan noțiunea de teren. În urma acestui fapt, nu numai un principiu de viață secundar va fi atins de boală, ci și organismul în întregime, adică principiul de viață general. Terapeutica va trebui deci să ajute acest principiu să-și recapete puterea asupra supușilor săi și nicidecum să îngrijească simptomele exterioare, care nu au decît o importanță secundară. Adversar prudent al sîngerărilor și al purgativelor care slăbesc organismul, van Helmont va prefera în locul acestora medicațiile chimice, opiaceele și vinul. Van Helmont subordonează principiul de viață central sufletului, care se împarte în două părți: un suflet imaterial, care nu dispare niciodată, și un suflet senzitiv, care piere împreună cu corpul și servește ca înveliș celuilalt.

François Deleboë, cunoscut mai mult sub numele latinizat Sylvius (1614—1672), poate fi așezat alături de van Helmont, pentru că și la baza sistemului său se află digestia și nutriția. Mai mult încă, el explică fenomenele de digestie prin fermentații și efervescențe cauzate de contactul alimentelor cu saliva, cu sucul pancreatic și cu fierea. Dar analogia se oprește aici, pentru că Sylvius respinge orice idee despre principiul de viață. Tulburările umorale, care la van Helmont nu erau decît o manifestare secundară, la Sylvius formează centrul teoriilor sale. Totul este în funcție de aciditate și de alcalinitate, aciditatea predominînd în majoritatea cazurilor. Maladia va lua naștere din perturbarea acestor umori (am spune astăzi de variația *p*H-ului lor). Aciditatea va putea să crească, sau să scadă, sau chiar să fie înlocuită de alcalinitate. Terapeutica va decurge în mod foarte simplu; ea va fi în majoritatea timpului alcalină, dar vor putea fi prescrise și sîngerări sau purgative, susceptibile de a modifica starea umorală.

În a doua jumătate a secolului al XVII-lea vor avea deci loc discuții contradictorii între alchimiști, paracelsieni, partizani ai lui Sylvius sau adversari mai mult sau mai puțin declarați ai fiecăruia, în timp ce numeroși medici, chimiști și spițeri, ca Nicolas Lémery și Moyse Charas, își vor continua operele lor binefăcătoare, publicînd noi farmacopei și tratate de chimie de o valoare incontestabilă.

IATROMECANICA. Excesele iatrochimiştilor aveau să determine pe mulţi savanţi să examineze alte teorii tot atît de ispititoare din diferite domenii. Fizica ia acum un avînt rapid datorită utilizării experienţei, dezvoltării matematicii şi aplicării lor în practică, ceea ce a dus la apariţia ideii că corpul omenesc s-ar asemăna cu o maşină şi că el poate fi explicat prin calcul. Era o manifestare a dorinţei de a supune totul unui sistem unic; exagerările care au decurs de aici au subminat, la rîndul lor, acest nou sistem care, ca şi cel precedent, conţinea o parte de adevăr.

Drumul spre aceste teorii noi a fost deschis de Descartes, care, în lucrarea sa *Tratat despre om* (scrisă în jurul anului 1632, dar publicată cu treizeci de ani mai tîrziu), imaginează omul-maşină, care nu mai trebuie să facă apel la contingenţele exterioare pentru a-şi asigura funcţionarea. Fiziologia şi patologia carteziană erau ingenioase, însă sufereau de pe urma caracterului lor pur deductiv. Încrezător peste măsură în atotputernicia raţionamentului, Descartes nu se putea lăsa influenţat de experienţă.

În Italia, şcoala lui Galilei ajunge la concluzii similare cu cele ale biomecanicii carteziene, dar folosind pentru aceasta metoda experimentală. Introducerea experimentului cantitativ în ştiinţele medicale se datoreşte mai ales lucrărilor lui Santorio-Santorio (1561—1636), care şi-a petrecut o parte din viaţă, cîntărindu-şi cu minuţiozitate alimentele şi dejecţiile. Din diferenţa de greutate constatată, el a tras concluzia existenţei unei „perspiraţii insensibile", a cărei creştere sau diminuare antrenează după sine starea maladiei. Teoriile sale s-au bucurat de un mare succes, deşi el prefera să le prezinte prin aforisme şi nu să le expună în amănunt. Principalul lui merit este de a fi introdus în medicină folosirea cîntarului, precum şi a altor instrumente de măsurat, cum ar fi termometrul, higrometrul şi pulsometrul. De aici înainte, anumite fenomene vitale se puteau aprecia cantitativ.

Reprezentantul de frunte al doctrinei iatromecanice este Gian-Alfonso Borelli (1608—1679), deşi încercări de comparare a organelor din corpul omenesc cu diferite obiecte uzuale, ca foale, foarfece, pompă, presă etc., au fost făcute şi de unii dintre înaintaşii săi. Borelli şi-a îndreptat atenţia asupra contracţiei musculare şi asupra mişcărilor, diferenţiind, în trecere, cele trei feluri de pîrghii. Mai tîrziu, el a studiat structura fibrelor. Noile teorii au fost adoptate cu entuziasm în Italia, dar ele au cunoscut cea mai mare aplicare în ţara lui Newton, fiind stimulate de legea atracţiei universale. În Franţa, unde preferinţele pentru iatrochimie erau evidente, nu s-a atras prea mult atenţia asupra acestei discipline. Pot fi citate în special numele lui Giorgio Baglivi şi Lorenzo Bellini în Italia, acelea ale lui J. Keill, W. Cole, A. Pitcairn şi G. Cheyne, în Anglia şi acelea ale lui Claude Perrault şi D. Dodart în Franţa.

Dar iatromecaniciştii nu şi-au limitat activitatea doar la anatomo-fiziologie, iar sistemul lor nu avea decît un singur scop: să descopere cauza bolilor şi să le aplice o terapeutică folositoare. Acest scop a fost repede atins. Stringenţa fluidului nervos antrena în mod normal contracţia musculară, dînd naştere la spasm sau atonie, la tulburări circulatorii, la stagnare şi inflamare, aceasta cu numeroase variante depinzînd de particulele elementare ale umorilor, de tul-

burările de asimilaţie prin amestecarea particulelor străine sau de volum diferit etc.

Mai mulţi iatromecanicieni au recurs la reacţiile chimice pentru a completa explicaţiile lor. Alţii, cum a fost Baglivi, îşi uitau totuşi teoriile cînd se aflau în faţa unui bolnav. Din această primă încercare de conciliere a celor două sisteme — chimia şi mecanica — reţinem deci ideea că ele singure nu erau suficiente pentru a explica totul, legile biologice trebuind să se integreze într-un cadru mult mai vast. Din păcate, prea mulţi adepţi ai acestei idei dădeau dovadă de un spirit mărginit. De altfel, şi alte doctrine exclusiviste au văzut lumina zilei şi au ocupat întreg secolul al XVIII-lea. Numai după ce toate aceste sisteme au fost epuizate s-a putut, în sfîrşit, elabora o sinteză, care a luat din fiecare sistem tot ce era mai bun.

C. PATOLOGIA MEDICALĂ

ANATOMIA PATOLOGICĂ. Anatomia patologică se afirmă din ce în ce mai mult ca ştiinţă de sine stătătoare, dar va mai rămîne mult timp o disciplină macroscopică şi nu va căpăta o importanţă adevărată decît în secolul următor. Sînt totuşi de menţionat lucrările lui Théophile Bonet care, împreună cu J.-J. Manget, Richard Morton şi F. Sylvius, efectuează primele cercetări asupra tuberculozei miliare şi a cavernelor pulmonare, precum şi cele ale lui Richard Wiseman, care studiază tumorile albe.

În timp ce experienţele lui Redi, ale căror rezultate contraziceau teoria generaţiei spontanee, trec neobservate—ca de altfel şi descoperirea parazitului rîiei — este interesant de menţionat că ideea existenţei microbilor şi a fiinţelor invizibile a fost emisă de P. Kircher. În timp ce A. Hauptmann îi asemuia cu viermii, P. Borel era convins că a văzut astfel de fiinţe sub microscop, examinînd părţi bolnave ale corpului uman.

NEOHIPOCRATISMUL. Este adevărat că medicina galenică căduse tot ce-i fusese cu putinţă, dar oamenii s-au îndreptat către alte orizonturi, pentru că ea nu rezolvase toate problemele. Cu toate acestea, principiile hipocratice şi-au păstrat valoarea lor, deoarece susţineau că la baza adevăratei medicine stă observarea strictă a fenomenelor clinice. Or, s-a văzut că adepţii sistemelor chimice şi mecanice s-au grăbit să se ridice deasupra chimiei şi fizicii, pentru a da la iveală o fiziopatologie mai mult sau mai puţin himerică. A fost bine că s-au găsit şi oameni înţelepţi care să revină la realităţi mai obiective, respingînd sistematic tot ce nu putea fi decît închipuire. Din fericire, secolul al XVII-lea a cunoscut şi medici care s-au străduit să-şi conducă arta lor pe drumul tradiţiei hipocratice.

Aceşti neohipocratişti nu trebuie confundaţi cu galeniştii secolelor precedente, prezenţi încă în număr mare, şi care considerau că atît Galen, cît şi autorii arabi trebuie urmaţi orbeşte. Înrădăcinaţi în trecut, ei nu puteau fi de nici un ajutor în mersul ascendent al medicinii, în timp ce noii adepţi ai

hipocratismului aveau o misiune constructivă. Cel mai ilustru reprezentant al lor, Thomas Sydenham (1624—1689), se zice că ar fi citit atît de puţin din lucrările lui Hipocrat, încît a fost nevoit să redescopere el însuşi o parte din preceptele acestuia. Nefăcînd parte din nici o şcoală, el şi-a consacrat toată viaţa clientelei din Londra sau din cartierele mărginaşe.

În afară de această operă de reînnoire, trebuie să menţionăm că în secolul al XVII-lea au existat încercări de a face mai bine cunoscute vechile scrieri greceşti, publicîndu-se excelente traduceri din Hipocrat şi Galen.

Rupînd-o cu tradiţia, Sydenham s-a mulţumit să observe ceea ce i se oferea privirilor. Revenind la un principiu scump lui Hipocrat, şi pe care Guillaume Baillou l-a reluat cu vigoare spre sfîrşitul secolului al XVI-lea, Sydenham a fost de părere că este bine să se întocmească constituţii medicale, adică să se reunească într-un singur studiu maladiile observate în cursul unei perioade determinate. Desigur, nu este vorba aici de un studiu al bolilor sezoniere, căci aceste constituţii medicale cuprind perioade mult mai vaste, cîteodată de mai mulţi ani. Numai tipul de maladie observat delimita constituţia medicală care putea să fie şi sezonieră. În felul acesta, Sydenham a observat constituţii cu predominenţă variolică, morbiliformă, dizenterică, gripală etc. El a acordat îngrijire unor pacienţi suferind de febre intermitente, febre remitente, febre continue şi, în cele din urmă, victimelor unei epidemii de ciumă. Prin descrierea pe care a dat-o simptomelor şi relaţiei dintre ele, Sydenham a introdus o nouă noţiune clinică a bolii; aceasta stă la baza noii medicini generale. Ca şi Hipocrat, Sydenham considera boala ca un ansamblu. Iată de ce el a îngrijit mai degrabă organismul în întregul său decît simptomele aparente, stimulînd sau domolind reacţiile naturale, şi nu substituindu-se *naturii medicatrix*. Terapeutica sa este logică şi plină de înţelepciune. Lui i se datorează, printre altele, răspîndirea folosirii chinchinei şi a opiului.

Cu toate că nu era întemeietor de şcoală, Sydenham a avut discipoli care i-au continuat opera într-atît, încît stabilirea constituţiilor medicale a devenit clasică în secolul al XVIII-lea şi la începutul secolului al XIX-lea. Alături de Sydenham trebuie să mai citäm pe Charles Barbeyrac, pe care poate că l-a întîlnit la Montpellier, centrul neohipocratismului. Acest curent nou s-a extins din Anglia şi Franţa în toată ţările anglo-saxone şi în Italia.

CULEGERE DE OBSERVAŢII. Alături de aceşti pionieri ai neohipocratismului, alţi medici, rămaşi în rîndul practicienilor, şi-au publicat observaţiile fără să încerce să desprindă din ele idei generale. Cu toate că au un caracter mai limitat, aceste observaţii sînt valoroase, atît pentru că înlocuiesc jurnalele medicale aproape inexistente pe atunci, cît şi pentru că ele au fost făcute, în majoritatea cazurilor, de profesori de valoare, a căror autoritate nu poate fi pusă la îndoială. Ele nu sînt redactate ca cele din zilele noastre: terapeutica predomină în dauna expunerii simptomelor şi a istoricului bolilor, ceea ce nu permite întotdeauna să identificăm afecţiunile examinate. Dar, spre lauda acestor medici, unii dintre ei, ca Lazare Rivière, au uzat de prestigiul lor pentru a publica, alături de propriile lor observaţii medicale, pe acelea ale chirurgilor pentru care aveau o mare stimă. Aceste publicaţii au apărut în

acelaşi timp aproape în toată Europa. Ele sînt rodul strădaniei unei vieţi întregi sau o simplă relatare a unor evenimente deosebite, cum ar fi o epidemie de ciumă. Practicienii englezi descriu rahitismul: Willis descoperă o „substanţă zaharată" în urina bolnavilor de diabet. Alături de aceşti medici, trebuie să citäm şi doi compilatori, elveţienii Théophile Bonet şi Jean-Jacques Manget, care au luat iniţiativa de a reuni cele mai bune scrieri ale înaintaşilor lor şi ale contemporanilor în domeniul medicinii, chirurgiei, anatomiei, farmacologiei etc., prezentînd o sinteză care permite să se cunoască mai bine starea medicinii de la sfîrşitul secolului al XVII-lea.

EPIDEMIOLOGIA. Bolile epidemice erau încă foarte de temut în această epocă, mai cu seamă ciuma care distrugea populaţia unor oraşe întregi aproape pretutindeni în Europa. Foarte numeroasele scrieri care au apărut în acest domeniu n-au adus elemente noi care să fi venit în ajutorul unei lupte eficace împotriva acestui flagel. Dar interesul medicilor s-a îndreptat spre alte afecţiuni mai puţin spectaculoase, şi al căror aspect epidemic sau endemic era evident. Unele fuseseră deja bine diferenţiate, ca de pildă febrele palustre, cunoscute încă din antichitate, altele însă trebuiau individualizate, cum erau afecţiunile eritematoase, care de cele mai multe ori se confundau cu rujeola. Lui Sydenham i se datorează diferenţierea scarlatinei. Mai complex apărea însă vastul capitol al febrelor, în care se făcuse încercarea de a se elabora o clasificare bazată pe un element dominant. S-a vorbit despre febre intermitente, remitente şi continue, dar şi despre febre comatoase, nervoase, biliare, hemititrate, verminoase, mucoase, catarale, cărora li se adaugă calificativul de maligne sau benigne, după caz. Chinina a adus, ce-i drept, un element nou, dar insuficient, de clasificare. De acum înainte se putea vorbi despre febre sensibile la chinină şi despre febre rezistente la chinină. În ceea ce priveşte epidemiile, se recunoaşte influenţa climatului, a atmosferei, a factorilor geografici — primii paşi siguri în cercetarea patogenică. Noţiunea de contagiune este de asemenea bine cunoscută, cu toate că nu se cădea întotdeauna de acord asupra modului de contaminare al unei anumite boli: de la om la om, prin obiecte sau îmbrăcăminte, sau prin aer. În această epocă au fost intensificate rigorile carantinelor, măsuri necruţătoare, dar necesare. Tot astfel, se încearcă şi protejarea prin „dezinfectante" mirositoare, dintre care unele nu erau lipsite de eficacitate, cum reiese din relatarea despre ciuma de la Montpellier, făcută de Fr. Ranchin. În această epocă, fiecare oraş, atît în Franţa, cît şi în Italia sau în Germania, de exemplu, îşi avea un birou de sănătate ce avea misiunea de a preveni orice apariţie a groaznicului flagel şi de a lua toate măsurile necesare pentru proteguirea populaţiei. Alături de ofiţerul responsabil cu sănătatea — un fel de inspector al igienei, dar care nu era medic — se găsea şi un chirurg specializat în ciumă[1]. Tratamentul acestei boli ţinea pe atunci mai degrabă

[1] Epidemiile de ciumă din Ţările Române şi din Transilvania au constituit un material de observaţie preţios pentru studiul ştiinţific al problemei, autorii lucrărilor fiind autohtoni (M. Czanaki, 1634; Hegenitius, 1643) sau străini (Lange, 1784, A. Chénot 1766, Orraeus,1784). Teza de doctorat a lui Pavel Vasici Ungureanul, din 1832, mai are ca subiect *pesta* . — *V.S.*

de chirurgie decît de medicină şi chirurgul specialist în ciumă avea sarcina de a se duce să controleze la faţa locului cazurile suspecte semnalate şi de a îngriji ciumaţii în caz de epidemie. În afară de ciumă au fost semnalate pe a tunci şi cîteva epidemii de tifos, de dizenterie şi de variolă. Cît despre lepră[2], aceasta era în mare regres şi leprozeriile îşi închideau rînd pe rînd porţile. Din contră, tuberculoza (pe atunci numită ftizie) părea să ocupe un loc din ce în ce mai important în patologie.

În afară de epidemii, maladiile cele mai des observate erau — urmînd limbajul epocii — guta, hidropizia, ipocondria, catarurile, ulceraţiile de tot felul, rîia[3] şi, în sfîrşit, maladiile venerine, despre care însă nu se mai vorbeşte aşa de mult ca în secolul trecut, fără îndoială pentru că sifilisul nu mai prezenta atracţia unei noutăţi, iar tratamentele cu mercur prezentau un oarecare grad de eficacitate.

IGIENA ŞI MEDICINA COLECTIVĂ. Noţiunile de epidemiologie au avut drept consecinţă apariţia noţiunilor de igienă, cuvînt poate exagerat, întrucît „marele secol" a fost, zice-se, acela al mîinilor murdare. De acum înainte apar noi spitale, mai cu seamă în Franţa, unde Ludovic al XIV-lea înfiinţează spitalele generale, destinate să cuprindă populaţia care trebuia spitalizată, împrăştiată pînă atunci într-o mulţime de fundaţii învechite şi fără resurse. În caz de epidemii grave, cum fuseseră cele din trecut, se recurgea la spitale specializate, ca cele pentru ciumaţi, ceea ce explică marea afluenţă a bolnavilor. Există şi cîteva spitale militare, mai cu seamă în regiunile unde se purtaseră mai des războaie. Armata începe într-adevăr să se preocupe de răniţii şi bolnavii săi. Cîţiva principi germani au un personal sanitar ataşat armatei lor, dar în general pentru durata unei campanii sînt angajaţi chirurgi. Medicina militară este o învăţătură aspră, dar foarte bogată în cunoştinţe. Iată de ce mulţi tineri chirurgi o cercetează înainte de a-şi începe activitatea profesională. Datorită acestor împrejurări ne-au rămas interesante tratate de chirurgie militară şi

[2] Regresiunea leprei în Europa, în secolul al XVI-lea, a luat pretutindeni aceeaşi înfăţişare. La noi existase o puternică endemie leproasă în secolele XIV şi XV, dar foarte probabil şi mai înainte (N. VĂTĂMANU, *De la începuturile medicinei româneşti*, Ed. Ştiinţifică, 1966). Pentru a împiedica răspîndirea leprei, bolnavii din partea Cîmpulungului au fost adunaţi şi daţi în grija sătenilor din Maţău, care erau obligaţi să-i hrănească, dar şi să-i păzească, în schimbul unor importante privilegii acodate comunităţii bolnavilor şi sătenilor. În 1621 un document de pe vremea lui Radu Mihnea arată că nu mai rămăseseră decît singure „două mişale: Rada şi Ialna" (mişel era numele străvechi, de origine latină, al leprosului). Doar ele două mai beneficiau de drepturile acestor bolnavi, de privilegiile statornicite încă de la întemeierea Ţării Româneşti. Domnii care au urmat, necunoscînd rostul privilegiilor mişeilor care se perpetuau prin secole, le-au tot limitat pînă cînd au dispărut cu totul la jumătatea secolului al XVIII-lea. — *N.V.*

[3] Medicului ardelean Matei Czanaki (n. 1595) îi datorăm o lucrare (*Scabiei encomium*, 1627) în care natura parazitară (şi — mai precis — zooparazitară) a scabiei este explicit formulată. Explicaţia lui Czanaki premerge cu cîteva decenii pe cea care a fost acreditată de ştiinţa medicală. — *V.S.*

manuale de igienă de pe cîmpurile de luptă sau de la armatele aflate în campanie, care nu sînt lipsite de interes.[4]

MEDICINA EXOTICĂ. Marile companii maritime sînt însoţite şi ele de un personal medical necesar pentru îngrijirile ce trebuiau date pe corăbii sau în îndepărtatele posesiuni din Indiile Orientale şi Occidentale. Este vorba, în majoritatea cazurilor, de medici care, la fel ca şi călătorii, vor descrie la întoarcere numeroase boli şi vor aduce medicamente necunoscute pînă atunci, adăugînd un nou capitol istoriei medicinii, acela al medicinii exotice.

Numărul ţărilor care au făcut asemenea observaţii este foarte mare. Unele sînt relativ apropiate, ca lumea mediteraneană orientală şi mai cu seamă Egiptul şi Persia, altele mai îndepărtate: Africa australă, Indiile peninsulare şi insulare, China şi Japonia pe de o parte, America de Sud, Brazilia, Peru, Guyana şi Antilele, pe de altă parte, fără să mai vorbim de ţinuturile arctice siberiene. Naţiunile care au contribuit astfel la difuzarea acestor cunoştinţe noi nu au fost întotdeauna ţări maritime. Într-adevăr, în afară de Olanda, medicina exotică a fost dezvăluită mai cu seamă în această perioadă de către francezi şi germani.

Dacă cunoaşterea maladiilor noi nu prezenta pe atunci decît un interes istoric, cum a fost cazul cu boala somnului, nu acelaşi lucru se poate spune despre mijloacele curative folosite de popoarele îndepărtate, cum ar fi chinezii şi indienii, care au îmbogăţit mult arsenalul terapeutic occidental. Dăm ca exemplu doar introducerea procedeului denumit „moxa" (procedeu terapeutic japonez care constă în folosirea substanţelor incandescente aplicate pe piele), a acupuncturii de la chinezi, a chininei şi a ipecacuanei (prescurtat ipeca, vomitiv) de la indienii din America de Sud, fără să mai vorbim de popularizarea produselor anterior cunoscute, dar rare, cum ar fi opiul. În acelaşi timp, interesul acordat florei şi faunei acestor ţări de către unii medici şi totodată naturalişti a fost de cea mai mare importanţă pentru medicină şi pentru istoria naturală.

MEDICINA LEGALĂ. Secolul al XVII-lea poate fi considerat şi secolul medicinii legale, cu toate că încă de la sfîrşitul veacului anterior existaseră cîţiva precursori în acest domeniu, de exemplu, Jan Wier, care a avut curajul să se ridice împotriva prejudecăţilor medievale de a tortura pe nenorociţii acuzaţi de vrăjitorie şi a demonstrat că aproape întotdeauna era vorba de bolnavi.

Dar chiar de la începuturile ei, medicina legală a avut de îndeplinit misiuni foarte variate, căci ea nu se ocupa numai de otrăviri, ci şi de toate morţile suspecte. Avortul, violul, expertiza rănilor, psihiatria făceau parte din domeniul

[4] Într-o ordine de idei apropiată menţionăm că în a doua jumătate a secolului al XVII-lea apar primele lucrări de statistică sanitară şi demografică (J. Graunt, 1662) în Anglia, în care, pe atunci, începea să se dezvolte şi „aritmetica politică". — *V.S.*

său, astfel încît numărul autorilor care au participat la elaborarea acestei ştiinţe noi a fost foarte mare. Influenţa evului mediu asupra acestui aspect particular al medicinii a fost atît de mare, încît mai existau încă mulţi medici legişti care continuau să creadă, mai mult sau mai puţin, în vrăji şi în boli magice. De acum înainte, prin lucrările lui G.B. Codronchi şi ale lui Severin Pineau, se anunţă o eră nouă, mai obiectivă, mai ştiinţifică. Printre autorii care au ilustrat mai tîrziu această ştiinţă vom cita pe Fortunato Fedeli, Johann Bohn, J.-G. Zeller şi, mai cu seamă, pe Paolo Zacchias (1584—1659), a căror operă, atît de completă pe cît o puteau permite acele timpuri, a avut un răsunet puternic. Dintre ţările care au contribuit în mod deosebit la progresul acestei ştiinţe trebuie să citäm în primul rînd Italia şi Germania, urmate îndeaproape de Franţa şi de Ţările de Jos.

D. CHIRURGIA

CHIRURGIE GENERALĂ. Ca şi în trecut, chirurgia este separată de medicină. Doar Italia continuă să păstreze tradiţia medievală particulară de care nu s-a îndepărtat niciodată, şi plasează chirurgia aproape pe acelaşi plan cu medicina, făcînd-o să fie, cel puţin în parte, practicată şi învăţată de medici. Cu toate acestea, arta chirurgicală este în declin în Peninsula Italică, şi o altă ţară, care rămăsese pînă atunci mai în urmă, pare să tindă să ocupe locul Italiei. Aceasta este Olanda, ai cărei chirurgi cu renume vor fi aproape toţi doctori în medicină. Cît priveşte ţările celelalte, această artă considerată ca manuală a rămas încredinţată unor oameni care, cîteodată abili dar de multe ori şarlatani, erau în majoritatea cazurilor foarte neştiutori, căci în afara Colegiului Saint-Côme din Paris nu existau alte şcoli de chirurgie specializate, iar cursurile care se făceau în unele facultăţi de medicină erau mai mult teoretice decît practice. Cît despre Colegiul Saint-Côme, strălucirea lui a fost diminuată prin multiple disensiuni care l-au opus facultăţii din Paris, disensiuni întreţinute în mod abil prin lupte interioare care ridicau pe unii împotriva celorlalţi, pe chirurgii în robă lungă împotriva bărbierilor, pînă în ziua în care primii au fost asimilaţi cu ceilalţi în mod definitiv. În general, tinerii chirurgi îşi învăţau meseria angajîndu-se la mai mulţi maeştri pe rînd, în timp ce alţii îşi căutau locuri în armate.

Mediocritatea în care se găsea chirurgia nu i-a împiedicat însă pe unii chirurgi să revalorifice această artă socotită pe nedrept inferioară. Totuşi, nici unul dintre ei nu poate fi comparat cu Ambroise Paré, deşi nici Guy de Chauliac nu fusese încă dat cu totul uitării. Majoritatea tratatelor care vor vedea lumina tiparului, oricît de complete s-ar dovedi, nu vor fi decît reflectări ale acestei opere, cizelată numai pe ici, pe colo, cu cîteva perfecţionări de amănunt aduse de practica noilor autori.

În afară de chirurgi, empiricii[5] continuau să opereze, deși în număr mai redus, dar cîteva din preocupările lor, ca de pildă hernia sau cataracta, au fost încetul cu încetul absorbite de adevărații chirurgi. Rămînea însă o specialitate: litotomia, care, fără a le fi rezervată în mod absolut, s-a bucurat în rîndul lor de un mare răsunet. Mai existau încă familii specializate în acest domeniu, cum ar fi familia Colot. Dar cel mai renumit litotomist a fost Jacques de Beaulieu care a cunoscut alternanța dintre succes și declin. Totuși, atît unii cît și ceilalți, dacă lăsăm la o parte șarlatanismul, s-au străduit pe cît le-a fost posibil să vindece piatra la băşică (calculozele), foarte răspîndită în acele timpuri. De altfel, ei și-au perfecționat instrumentele (pentru tehnică, ei erau liberi să aleagă între „aparatul mic" al lui Celse, „aparatul mare" al lui Mariano Santo și cel înalt).

Dintre țările care au contribuit cel mai mult la dezvoltarea chirurgiei generale din acea epocă menționăm, în primul rînd, Franța, urmată de Țările de Jos, de Germania și de Italia. Dar persoanele marcante nu se supun în mod necesar acestei succesiuni. Într-adevăr, trebuie să menționăm pe Pierre Dionis, care a făcut o expunere încă din anul 1673 la Jardin du Roi din Paris despre „anatomia explicată prin circulație" și pe J.G. Duverney pentru Franța, Wilhelm Fabry (Fabricius Hildanus) și M.G.Purman pentru Germania, M.A. Severino și Cesare Magati pentru Italia, Richard Wiseman pentru Anglia, F. Dekkers și N. Tulp pentru Țările de Jos.

Numeroși chirurgi și-au îndreptat atenția asupra osteologiei și patologiei. Și chirurgia musculară a cunoscut cîteva inovații remarcabile, cum ar fi secționarea subcutanată a sternocleidomastoidianului în torticolis. Chirurgia vasculară s-a ocupat îndeosebi de anevrisme și de ligatura vaselor. Plăgile intestinale, herniile și bandajele lor, tumorile de tot felul sînt de acum înainte obișnuite, la fel ca și fistulele (Charles Félix de Tassy). Dar se fac și numeroase traheotomii și chiar operații mai îndrăznețe, mai cu seamă în ginecolo-

[5] Chirurgi empirici au existat și la noi, nu numai în Italia, Franța, Germania, Balcani etc. Ei se ocupau cu tratamentul herniilor inghinale, al pietrei la băşica urinară, al cataractelor la ochi. La noi se numeau „vraci", nume de origine slavă, care însemna vindecător. Dar nu era obligatoriu ca toți vracii să fie slavi, fiindcă am avut și noi vracii noștri. Cei mai mulți erau țărani, dar în armata lui Mihai Viteazul, un chirurg militar se numea Marco Vraci. Documentele, ca și izvoarele literare, îi evocă pe vraci, începînd cu un hrisov de danie al lui Vlad Călugărul (1487-1492). O rudă a Doamnei Despina, anume Constantin, era vraci. Radu Paisie (1535—1545) îl ridicase pe vraciul său la rangul de portar. Un „drum al vraciului" era pe valea Teleajenului. Un biet om își vindea, în 1647, averea ca să aibă cu ce plăti vracilor să se însănătoșească (N. Vătămanu).

Vracii noștri, chirurgi populari, se asemănau întru totul ca organizare pe familii de meșteșugari, ca metode de practică și activitate itinerantă cu chirurgii populari din Italia și din Sicilia, moștenitori, ca și cei din Balcani, ai vechilor metode bizantine. În Italia unii dintre ei, cei mai dotați, au ajuns profesori de chirurgie, cum a fost Tagliacozzi.

Vracii care operau la noi erau și localnici, dar mulți veneau din sudul Dunării; ei străbăteau țările învecinate, Bulgaria, Ungaria și Austria.

Tîrziu, în secolul al XVIII-lea, vestitul profesor de chirurgie oculară Ioan Piuariu-Molnar declara că învățase să opereze bolile ochilor, mai întîi ca ucenic al unui asemenea meșter grec din Sibiu. — *N.V.*

gie. În general sînt studiate și tratate în mod rațional rănile la cap, la piept și pîntece, se fac multe trepanații și amputări cu rezultate destul de bune. Se încearcă și intervenții care astăzi țin de otorinolaringologie sau de oftalmologie, domeniu în care Cesare Magati a preconizat cu succes folosirea „pansamentului rar". Deci, dacă chirurgia secolului al XVII-lea este departe de a fi cunoscut strălucirea celei din timpul Renașterii, meritele ei nu sînt mai mici, ea străduindu-se să asimileze în mod inteligent și să perfecționeze cunoștințele dobîndite anterior, pregătind în felul acesta calea pentru specialitățile ce se vor individualiza începînd din secolul următor.

OBSTETRICĂ. Această individualizare s-a efectuat și în domeniul obstetricii, deși această disciplină va mai fi încă mult timp legată de ginecologie. De acum înainte asistarea la naștere a unui bărbat nu va mai provoca scandal în rîndul femeilor. Acest fapt a determinat ca medicii sau chirurgii să creeze mai multe lucrări în acest domeniu. Obstetrica este o știință care s-a dezvoltat în Franța, de aceea printre întemeietorii ei se vor înscrie nume ca acela al lui Mauriceau și al lui Portal sau al unei moașe, devenită celebră, Louise Bourgeois. Dintre celelalte țări, Olanda se impune prin Henrik van Deventer, după care urmează Germania și Elveția.

Inovațiile aduse sînt destul de importante. Manevrările folosite în diferite cazuri încep să fie codificate. Se instituie chiar tehnici noi, cum ar fi așa-numita manevră a lui Mauriceau. Nașterea care pînă atunci era grăbită, nu mai este precipitată. Din contră, operația cezariană, care văzuse lumina zilei în secolul trecut, este oarecum părăsită din cauza a numeroase eșecuri, cel puțin în Franța, unde Mauriceau nu era de părere să se recurgă la această operație, în timp ce ea este practicată sau admisă în mod curent în Germania și în Țările de Jos. Cît despre sinfiziotomie, aceasta a trecut neobservată de obstetricieni. Dar secolul al XVII-lea este și secolul forcepsului, a cărui invenție a fost atribuită familiei engleze Chamberlain. Această inovație a avut un mare răsunet datorită succeselor obținute, dar poate și misterului care învăluia acest instrument, ascuns cu grijă de ochii contemporanilor. O încercare nereușită făcută la Paris i-a determinat pe francezi să nu mai manifeste același interes față de forceps. Dar nu același lucru se poate spune despre celelalte țări, mai cu seamă despre Olanda, unde mai mulți medici au reușit să cumpere secretul familiei Chamberlain. A trebuit însă să treacă mult timp pînă cînd forcepsul a devenit un instrument public.

E. FARMACOLOGIA ȘI TERAPEUTICA

Rezultatul tuturor acestor studii a făcut ca farmacologia să cunoască prefaceri substanțiale datorită apariției unor medicamente noi de o valoare incontestabilă.

Substanța care a făcut cea mai mare vîlvă a fost chinina, importată din Peru, unde indigenii cunoșteau încă de multă vreme arborele de febră. Din Spania, „pudra Contesei" a fost adusă în Franța prin intermediul iezuiților, care i-au

dat şi numele, dar şi reputaţia proastă de care se bucura în anumite cercuri, astfel încît folosirea ei a fost în curînd părăsită. Acest medicament fusese uitat cu desăvîrşire cînd a reapărut la Paris, adus din Anglia, unde Robert Talbor (Tabor) reuşise, nu fără greutate, să-l impună cu ajutorul lui Sydenham. În Franţa, vindecarea providenţială cu ajutorul acestei pudre miraculoase a unei maladii a regelui a contribuit la triumful deplin al chininei.

Următoarea substanţă care şi-a făcut apariţia a fost ipecacuana, originară tot din America şi a cărei folosire s-a impus în Franţa după ce Jean Adrian Helvetius, tatăl celebrului filozof, l-a vindecat cu acest produs pe principele moştenitor. În sfîrşit, un al treilea medicament exotic, opiumul, descoperit de multă vreme, a cunoscut favorurile publicului, în parte datorită influenţei lui Sydenham.

Trebuie, de asemenea, să menţionăm succesul deosebit pe care l-a repurtat ceaiul, cafeaua şi ciocolata, care pe vremea aceea erau considerate ca medicamente.

Pe de altă parte, teriaca (medicament pe bază de opiu), ca şi mumia atît de preţuită de Paré, este folosită des, în timp ce produsele de origine minerală sînt tot mai mult părăsite în favoarea compuşilor chimici, cum ar fi sulfatul de sodiu, de magneziu şi de potasiu, acizii şi alcalinele, pe care chimiştii puneau mult preţ. Mercurul este întotdeauna căutat pentru salivaţie, iar antimoniul se impune în urma unui război de lungă durată. Mai văd apoi lumina zilei medicamente complexe, sub formă de balsamuri. Ne bucurăm apoi de apariţia pe firmamentul medicamentelor a apei de Colonia. Arsenalul terapeutic se va îmbogăţi ulterior prin utilizarea substanţelor gazoase. Poţiunea Rivièri, folosită şi în zilele noastre, constituie un exemplu de asemenea produse. Mai trebuie subliniată introducerea magnetului pentru tratamentul durerilor.

DOUĂ TEHNICI NOI. La cele de mai sus trebuie adăugate două inovaţii importante: injecţiile medicamentoase şi transfuziile de sînge. Aceste două tehnici medicale noi au văzut lumina zilei în acelaşi timp, făcînd obiectul celor mai variate controverse. Dacă injecţia medicamentoasă intravenoasă, deşi rară, a fost menţinută ca mijloc terapeutic, transfuzia de sînge pe care o perfecţionaseră englezii, germanii, francezii şi italienii a fost destul de repede părăsită în Franţa şi în Italia, din cauza accidentelor mortale survenite după primele rezultate spectaculoase. Printre protagoniştii injecţiei medicamentoase intravenoase trebuie să-l citäm pe englezul Christopher Wren şi pe colaboratorii săi, precum şi pe germanii J.D. Major şi M. Ettmüller, iar printre apărătorii transfuziei de sînge figurează, între alţii, englezul R. Lower, italienii G. Colle şi F. Folli şi francezul J.B. Denis.

F. VIAŢA MEDICALĂ

Astfel, în ciuda aparenţelor, secolul al XVII-lea poate fi considerat o epocă fertilă din multe puncte de vedere, mai cu seamă în domenii neglijate sau pe care oamenii din timpul Renaşterii nici nu le cunoşteau. El a fost într-adevăr

secolul savanţilor. Medicina încetează de a fi domeniul strict al cîtorva maeştri sau şcoli. Descoperirile senzaţionale sînt aplicate în practică concomitent în toate cele patru colţuri ale Europei şi, încetul cu încetul medicina devine o ştiinţă universală. Avîntul ştiinţific care s-a manifestat în această epocă este caracterizat prin apariţia academiilor şi a altor societăţi savante în Italia, Anglia, Franţa şi Germania. Aceste societăţi — multe dintre ele particulare — au ţinut să facă cunoscut în afara oraşelor lor rezultatele cercetărilor întreprinse. Aşa au luat naştere jurnalele şi revistele de medicină şi de ştiinţă care au contribuit la răspîndirea rapidă în întreaga lume a gîndirii medicale a timpului. Trebuie să amintim că fondatorul jurnalismului, Théophraste Renaudot, a fost medic şi că alături de el mulţi medici şi-au consacrat o parte din activitate apariţiei publicaţiilor mai mult sau mai puţin efemere. Dintre aceştia, în Franţa menţionăm pe J.B. Denis, Nicolas de Blégny şi pe succesorii lor.

Concomitent, învăţămîntul medical ia o amploare nemaiîntîlnită. Alături de vechile şcoli din Paris şi Montpellier, din Bologna, de la Padova, de la Pisa şi de la Pavia, de la Cambridge şi Oxford, de la Louvain, de la Tübingen şi din Heidelberg şi, în sfîrşit, de la Basel, au înflorit, în mod uimitor, o mulţime de şcoli noi, mai cu seamă în Germania şi în Italia, unde fiecare principe ţinea să-şi aibă universitatea sa proprie, fie din considerente politice sau pur şi simplu naţionale, fie din motive religioase. Cea mai renumită dintre aceste fundaţii noi a fost Universitatea din Leiden, în Ţările de Jos, care a cunoscut succese strălucite. Studenţii însă nu au neglijat nici vechile şcoli, al căror renume nu a pălit şi care s-au bucurat de un foarte mare aflux de vizitatori străini. A devenit clasic obiceiul ca viitorii medici să-şi înceapă sau să-şi desăvîrşească instrucţiunea printr-o mare călătorie, trecînd prin Franţa, Olanda, Elveţia, Italia şi chiar Anglia. Totuşi, fiecare preferă de acum înainte să se reîntoarcă în patria sa, pentru a-şi lua însemnele de doctor.

La amestecul de popoare cunoscut în evul mediu se adaugă, de data aceasta, o contopire de idei, pe care tipărirea şi ziaristica nu fac decît să o accentueze, transformînd pe nesimţite învăţămîntul atît de original al şcolilor medievale într-un învăţămînt medical unic, ale cărui foloase sînt, firește, reale, dar al cărui farmec este poate mai redus.

CAPITOLUL IV
Botanica

Obiceiurile par acum din ce în ce mai bine încetățenite: botanica, eliberată de disciplinele cu care fusese întotdeauna confundată, se străduie să meargă pe un drum drept și în întregime al său — acela de a descrie, clasifica și determina plantele nu după însușirile lor (veritabile sau presupuse, și prin comparație cu cele omenești), sau după origine, ci după caracteristicile lor. Cel mai însemnat botanist din prima jumătate a secolului, Joachim Jung (1587-1657), din Hamburg, este un autentic reprezentant al acestei tinere științe. În adevăr, el se preocupă mai puțin de creșterea fondului de cunoștințe, dînd prioritate formulării bazelor teoretice ale unei discipline încă nesigure. Deși nu a publicat nimic în timpul vieții[1], lucrările lui devin foarte repede cunoscute. Scrierile sale circulau pe sub mînă încă din 1660, exercitînd o influență asupra gîndirii fondatorilor sistematicii: R. Morison și John Ray mai întîi, apoi Linné. Ca și Cesalpino — dar de data asta contemporan cu Galilei și Descartes — Jung este un convins antiaristotelian. El se ridică împotriva gîndirii teleologice sau a antropomorfismului și nu crede în generația spontanee. În botanică, el condamnă una dintre cele mai vechi și mai de necucerit poziții, aceea a credinței general acceptate că este justificată împărțirea plantelor în arbori și ierburi. Savant de geniu — deși apărut pe scenă ceva cam prea devreme pentru a putea folosi descoperirile opticii și primele lor utilizări științifice —, Jung gîndește ca matematician și cu o rigoare și profunzime necunoscute pînă atunci în analiza formelor. Lui i se datorește introducerea în limbajul botanicii a unui mare număr de termeni precis definiți și care au devenit clasici, ca periant, nervură, pețiol, internod. El este cel care, pentru prima dată, definește — implicînd noțiuni de simetrie — ramura, frunza și mai ales frunza compusă (precum și așezarea frunzelor pe ramură).

Jung va avea urmași de valoare, ca R. Morison, J. Ray, Tournefort, care vor face faima celei de-a doua jumătăți a secolului al XVII-lea. Dar adevărata originalitate a epocii o constituie știința, căreia toți aceștia se dedică — sistematica. Jung însuși distingea diferite discipline în cadrul botanicii. Peste numai cîțiva ani doar, savanți ca Malpighi, Grew, R. Camerarius fac desco-

[1] Cele două opere celebre ale sale, *De Plantis Doxoscopiae phisicae minores* și *Isagoge Phytoscopica* au apărut în 1662 și, respectiv, în 1678. — *N.A.*

periri capitale în domenii pînă atunci necunoscute, mulțumită progreselor tehnice (microscopul), metodologice (metode cantitative și experimentale) și filozofice (căderea teoriilor lui Aristotel, îndeosebi teoria nutriției; recunoașterea unității ființelor vii). Interesul deosebit manifestat în acest secol pentru botanică se îndreaptă, prin van Helmont, Jung și mai ales Mariotte și Malpighi, către un studiu pozitiv al funcției plantelor.

Așa cum, pe bună dreptate, a remarcat Agnes Arber, Grew a fost cel care a delimitat clar noile principii ale gîndirii botanice: frumusețea ascunsă care poate fi văzută sub microscop nu este oare cea mai bună dovadă că plantele au fost create pentru folosul sau plăcerea omului? Oare nu însuși faptul că lumea plantelor este independentă de cea a omului face ca acesta din urmă să aibă sau să nu aibă inteligența, timpul și puterea de a înțelege rațiunea lor? Studiul structurii plantelor devine un nou argument în sprijinul unei concepții obiective asupra naturii. Dar, în acest caz, care este rolul caracterelor și al structurii? „Problema care domină fiziologia celei de-a doua jumătăți a secolului al XVII-lea, scrie J. Schiller, este cea a relației intime dintre structură și funcție".

În același timp, începe să se impună problema valorii taxonomice a diferitelor caractere. Dezvoltarea morfologiei, progresele înfăptuite în cunoașterea fenomenului de reproducere, toate acestea vor permite o dezvoltare rapidă a științei clasificării. Misterul florii este dintr-o dată dezvăluit, structura și funcția sa trec pe primul plan: Linné poate veni.

FIZIOLOGIA VEGETALĂ. După cum spunea Claude Perrault, membru al foarte tinerei Academii regale de Științe din Paris, în ianuarie 1667 existau două moduri de a aborda botanica, unul legat de istoria (taxonomia), celălalt de fizica plantelor (fiziologia). El schița, în cadrul acesteia din urmă, un program de studiu microscopic și de experiențe destinat îmbogățirii cunoștințelor asupra a ceea ce „contribuie la nașterea, hrănirea și alte aspecte din viața plantelor". Marile teme sugerate sînt reproducerea, dezvoltarea și nutriția. Nepuse în discuție din antichitate, ele trebuie supuse acum probei cu microscopul, precum și analizei experimentale. Ceea ce este remarcabil pentru această epocă de adevărat debut al fiziologiei vegetale este dorința unei cunoașteri veritabile, a cunoașterii *interiorului* plantelor și a „virtuților" lor. Începe practica disecției. Toate mijloacele unei chimii încă în fașă sînt folosite, mai ales incinerarea, în scopul de a afla ceva mai mult despre compoziția *intimă* a vegetalelor. O lucrare a epocii, *Mémoires pour servir* à *l'histoire des plantes*, întocmită în 1676 (sau 1675) de către D. Dodart, cu concursul altor academicieni francezi (Cl. Perrault, Mariotte, Bourdelin, Ph. de la Hire, Marchant etc.), indică foarte bine care erau pe atunci realizările, metodele, problemele și scopul botanicii. Privită ca document — și poate ca un prim document — al analizei fitochimice și îndeosebi al rolului acesteia în slujba dezvoltării clasificării, această lucrare marchează o etapă importantă. Dodart scria:

„Ar fi foarte important să renunţăm la concluziile pe care le tragem de obicei din proprietăţi foarte particulare şi să facem loc pentru stabilirea cîtorva genuri şi specii noi..."

Dar în cuprinsul lucrării nu poate fi încă întîlnită clar tendinţa fiziologică care apare, cîţiva ani mai tîrziu, în lucrarea lui Mariotte, *Essay*.

De fapt — aşa cum deseori s-a remarcat — primele lucrări de fiziologie vegetală experimentală au fost efectuate de către J. — B. van Helmont şi descrise de el în *Ortus Medicinae*, în 1648. Inspirîndu-se, probabil, dintr-un text al lui Nicolaus de Cusanus (de prin 1450), van Helmont a ştiut să-şi conducă experienţele după o metodă cantitativă deja foarte modernă, în care intervenea controlul variabilelor. Se poate spune că, abstracţie făcînd de antichitate (Galen), van Helmont nu a fost precedat pe această cale decît de medicul Santorio din Padova, care o practicase el însuşi pe la începutul secolului al XVII-lea. Van Helmont ajunge astfel la concluzia că plantele îşi trag substanţa în întregime din apă (unul dintre cele patru elemente care împreună cu aerul, Pămîntul şi focul constituia materia în concepţia lui Empedocle); doctrina aristotelică susţinea, din contra, că alimentele se găsesc gata elaborate în sol.

Proiectul nu a fost reluat decît douăzeci de ani mai tîrziu. În 1668, şase ani după publicarea teoriei lui Descartes asupra omului-maşină, un eminent fizician, abatele Edme Mariotte (1620?—1684), începe să-şi dezvolte ideile asupra marilor probleme ale fiziologiei vegetale. Convins de justeţea ideilor carteziene despre bazele mecanice ale vieţii, el publică în 1679 cea mai remarcabilă lucrare de fiziologie vegetală a secolului al XVII-lea, lucrare care va rămîne fundamentală pînă în 1727, an în care Stephen Hales publică ale sale *Statical Experiments*. Inclusă sub titlul foarte semnificativ *Despre vegetaţia plantelor* ca unul dintre cele trei eseuri care formează *Essays de Physique* (sau *Mémoires pour servir à la Science des choses naturelles*), această lucrare tratează, cu o măiestrie fără precedent, problemele ascensiunii sevei, ale nutriţiei minerale şi ale dezvoltării. Absolut convins de natura ei fizică, Mariotte studiază viaţa aşa cum o face cu aerul sau cu căldura; el îl respinge pe Aristotel şi propune o concepţie a generaţiei spontanee tocmai de pe o astfel de poziţie de fizician. Nu există un suflet vegetal şi nu există nici un avantaj în a considera că plantele se găsesc preformate în sămînţa lor, cum credea Malpighi. La Mariotte se găsesc primele elemente ale unei teorii *atomiste* a naşterii şi dezvoltării, care vor fi reluate mai tîrziu de către Maupertuis şi Buffon, iar apoi de către Darwin.

În ceea ce priveşte nutriţia minerală, principiile sînt clar expuse şi termenii bine definiţi. Focul ca element este condamnat: „După părerea mea — scria Mariotte — focul se compune din aceleaşi principii ca şi substanţele aprinse". El reţine totuşi dintre elemente solul, apa şi aerul. Planta extrage din sol principiile „brute şi vizibile" — , ceea ce noi am numi principiile imediate, cele care sînt formate prin combinarea unor principii mai simple, rezultînd, la rîndul lor, din unirea unor principii ultime „pe care nici un artificiu nu ne permite să le vedem". În adevăr, în plante pot fi reîntîlnite principii care

se găsesc și în pămînt. După concepția lui Mariotte, ele s-ar forma pornind de la atomi de aer expuși la acțiunea fulgerelor; dizolvate în apă, ele trec în sol, de unde sînt extrase cu ajutorul perilor absorbanți ai rădăcinii și antrenate de către sevă. Anumite experiențe, de exemplu, altoirea, arată că plantele însele sînt acelea care, în funcție de specia lor, folosesc principiile chimice elementare pentru a elabora substanța care le este caracteristică; hrana nu este preformată, așa cum nu este nici embrionul. Fiecare specie vegetală este de fapt o mașină de un anumit gen care își sintetizează propria sa substanță.

Dar cum funcționează această mașină? În această problemă, Mariotte nu a avut intuiția lui Malpighi, care atribuie frunzei rolul unui organ esențial al nutriției. El observă presiunea sevei și recunoaște existența a două feluri de sevă, dar nu merge mai departe decît Cl. Perrault (1613-1688), care devine celebru în 1668, prin teoria unei adevărate circulații, similară cu circulația sîngelui la animale. Trebuie recunoscut lui Mariotte meritul de a fi observat oarecum importanța factorului lumină și mai ales de a fi schițat o ecologie vegetală, notînd cu multă perspicacitate un număr de fapte legate de adaptarea speciilor, de rolul jucat de rouă etc.

Malpighi, care fusese condus la ideile sale asupra frunzei de observarea atentă a embrionilor, a avut de fapt privirea cea mai justă pentru epoca respectivă asupra a ceea ce fusese numit circulația sevei. Pentru el exista o mișcare dinspre rădăcină în sus, spre plantă, și o altă mișcare pornind dinspre frunze către celelalte organe. Din păcate, el desconsideră rolul vaselor, pe care le asimila cu traheele insectelor.

În decursul secolului al XVII-lea au mai fost făcute și alte observații importante în fiziologie, care vor trebui să fie culese și studiate. Italianul G. Aromatari a arătat, de exemplu, că embrionul nu este decît o plantă în miniatură și a comparat materiile de rezervă ale sămînței (uleiul și aleuronul) cu albumina animală.

Mișcarea vegetalelor a fost studiată de mai mulți învățați. Borelli și A. Camerarius au observat iritabilitatea staminelor centaureelor, în timp ce Hooke s-a ocupat cu studiul anatomic și fiziologic al frunzelor de *Mimosa pudica*. În a sa *Historia plantarum*, J. Ray a acordat un loc important mișcărilor frunzelor, florilor și staminelor; el a studiat sistematic reacțiile la excitare ale frunzelor leguminoaselor și a încercat să interpreteze aceste fenomene admițînd existența problematică a unei tensiuni mecanice a țesuturilor, variabilă cu temperatura. J. Cornut a efectuat interesante cercetări asupra deschiderii florilor în funcție de temperatură și a studiat mișcările periodice ale frunzelor de *Acacia* — fenomen pe care Linné îl va numi „somnul plantelor".

Robert Sharrock a publicat, în 1660, rezultatele experiențelor sale asupra curbării tulpinilor sub influența luminii; în 1700 aceste încercări au fost reluate de Dodart, care le-a generalizat și a examinat cu deosebită atenție acțiunea gravitației asupra dezvoltării rădăcinii și tulpinii, introducînd astfel noțiunea de geotropism.

STRUCTURA VEGETALELOR. Inventarea microscopului compus și perfecționările aduse microscopului simplu au permis efectuarea primelor lucrări asupra

alcătuirii interne a vegetalelor, precum şi primele descoperiri în ceea ce priveşte organismele naturale invizibile.

Anatomia vegetală se constituie ca urmare a eforturilor aproape simultane ale unor savanţi de prim rang: doi microscopişti — fizicianul englez Robert Hooke (1635-1703) şi autodidactul olandez Antony van Leeuwenhoek (1632-1723) — şi doi medici — Marcello Malpighi (1628-1694) şi Nehemiah Grew (1641-1712). Atît pentru Hooke, care publică *Micrographia* în 1665, cît şi pentru Leeuwenhoek, care îşi comunică lucrările la Royal Society sub formă de scrisori, începînd din 1673, aceste cercetări pot fi conduse admirabil, dar ei nu recunosc botanica drept o ştiinţă de sine stătătoare. Lui Hooke i se datoreşte publicarea (cu cîţiva ani înaintea lui Malpighi) a primelor observaţii asupra ţesuturilor celulare, în speţă pentru celulele de plută, reduse la membrana lor, şi studierea unor domenii foarte variate — seminţe, spori ai unor ciuperci inferioare, alge marine, lemn petrificat etc. Desenele obţinute de el pentru muşchi, foarte mult mărite, sînt deosebit de interesante. La rîndul său, Leeuwenhoek — unul dintre cei mai mari observatori ai tuturor timpurilor, căruia i se datoreşte descoperirea protozoarelor şi a bacteriilor (Clifford Dobell) — publică primele secţiuni pe lemn, descrie vasele punctate şi reticulate semnalate de Henshaw, precum şi aşezarea fasciculelor libero-lemnoase la monocotiledonate şi dicotiledonate; în opera lui se găsesc primele referinţe la prezenţa cristalelor în corpul plantelor (observate în rădăcinile plantei *Iris florentina*) şi a amidonului în anumite făini.

Cu toată importanţa capitală a lucrărilor sale, dacă trebuie să fixăm o dată pentru naşterea anatomiei vegetale, anul 1672 pare mai potrivit: este anul în care Royal Society cunoaşte discuţii aprinse între Malpighi şi Grew, pe baza unor cercetări paralele începute încă din 1663—1664. Această întîlnire dintre o carte încă necunoscută a lui Grew, *The Anatomy of Vegetables Begun*, şi manuscrisul lui Malpighi, viitoarea *Anatomes plantarum idea* — publicată ca partea întîi la *Anatome plantarum*, în 1675 — constituie un mare eveniment al epocii. Printr-o remarcabilă unitate de ansamblu — la care se adaugă, ca pentru a le sublinia valoarea, o extraordinară convergenţă în timp şi spaţiu a tendinţelor — aceste lucrări sînt o strălucită mărturie a unei luări de poziţie absolut noi. Încă din 1654, Francis Glisson menţionase interesul pe care l-ar prezenta o depăşire a anatomiei animale către o anatomie generală şi comparată. Tocmai o astfel de dorinţă, pentru o ştiinţă a structurii tuturor fiinţelor vii, este acum întîlnită la Grew şi la Malpighi, care pleacă, amîndoi, de la anatomia animală. Ea nu putea fi evident clădită numai din micrografii, oricît de bune sau de inspirate ar fi fost ele. În 1682 apare marea operă a lui Grew, *The Anatomy of Plants*; cea de-a doua parte a lucrării *Anatome plantorum* a lui Malpighi este publicată în 1679. Pe scurt, între 1672 şi 1682 au fost puse bazele anatomiei vegetale. Ele mai sînt valabile şi astăzi.

Contribuţia lui Malpighi este imensă: descoperirea vaselor spiralate (1663), a stomatelor şi laticiferelor, a punctărilor traheidelor din lemnul coniferelor etc.; primele lucrări importante asupra gogoşilor, descrierea histologică a scoarţei şi lemnului şi, îndeosebi, studii fundamentale asupra dezvoltării

— în particular asupra structurii semințelor și germinației — care stabilesc pentru prima dată importanta împărțire a plantelor cu flori în două grupe, monocotiledonatele și dicotiledonatele.

Dar există și contribuții de alt ordin în opera lui Malpighi. Chiar dacă se înscriu oarecum la pasivul științei, ele sînt strîns legate de epistemologie; ele constituie faliile și lacunele care pot fi întîlnite alături de oricare mare descoperire.

De ce vasele spiralate, care pot fi observate într-un fragment de lemn de castan, sînt comparate cu traheele insectelor, considerate ca „tuburi" cu aer destinat respirației? De ce *utriculele* (*celulele* lui Hooke), care constituie țesuturile vegetale și sînt descrise ca fiind sudate între ele cu ajutorul unei substanțe care se dizolvă la fierbere, nu au fost căutate și în țesuturile animale?

Răspunsul pare simplu. În primul caz, asimilarea este legată de o funcție cunoscută și, în același timp, neînțeleasă, ceea ce explică atît interesul pe care ea îl suscită, cît și felul eronat în care este apreciată. În general, asemănările funcționale (respirația, circulația, reproducerea) sînt cele care au stimulat cercetarea asemănărilor structurale. Aceasta pare a fi rațiunea pentru care histologistul Malpighi (descoperitor, de altfel, al capilarelor) nu a încercat să regăsească utriculele la animale (unde observarea este de altfel mai dificilă). Va trebui să așteptăm un secol și jumătate, o dezvoltare suficientă a ideilor asupra reproducerii și creșterii, înainte ca să fie îndeplinite condițiile necesare pentru formularea teoriei celulare.

Opera lui Grew în domeniul anatomiei vegetale nu este mai puțin importantă ca cea a lui Malpighi, iar dacă el s-a dovedit a fi mai prejos decît acesta din urmă în ce privește concepția naturii celulare a țesuturilor, el rămîne totuși autorul unui număr impresionant de observații morfologice inedite, dedicate așezării, formei și structurii tuturor organelor plantei: rădăcină, tulpină, frunză, floare (el a fost de altfel primul care a descris grăunțele de polen), fruct, sămînță (făcînd o distincție clară între semințele conținînd albumină și cele în care nu se găsește această substanță) și muguri. În particular, Grew a inaugurat metoda prezentării secțiunilor de lemn după planuri transversale, radiale și tangențiale. A intuit principiul funcționării cambiale și a decelat localizarea acestuia, între lemn și scoarță.

Unul dintre cele mai mari merite ale sale îl constituie de fapt recunoașterea staminelor ca principalele organe bărbătești la plante.

CAMERARIUS ȘI SEXUALITATEA VEGETALĂ. Prima demonstrație a sexualității vegetale, în 1694, se datorește învățatului german Rudolph J. Camerarius (1665—1721). Noțiunea era cunoscută și înainte, încă din antichitate. Uneori chiar se și experimentase. Totuși, pînă la Grew (și Th. Millington), în 1682, toate acestea au rămas doar fapte izolate și fără urmări. Cu începere de la această dată, lucrurile încep să se schimbe. Prin 1686—1688, John Ray încearcă să-și însușească ideile enunțate de Grew. Ceva mai tîrziu, Jacob Bobart, administratorul Grădinii botanice din Oxford, începe, în colaborare cu Grew, o serie de experiențe asupra unor plante cu sex e

diferite *(Lychnis dioica)*. În 1691, iezuitul italian F. Buonanni publică planşe reprezentînd grăunţe de polen lipite de staminele de nalbă şi de valeriană.

În 1694, într-o scrisoare celebră, *Epistola de sexu plantarum*, Camerarius afirmă că floarea este purtătoarea organelor sexuale, că acestea pot fi separate la anumite plante (de exemplu, la dud sau la trepădătoare) sau reunite pe o aceeaşi plantă la altele (ricin, porumb) şi că cooperarea sexelor este necesară pentru producerea unor seminţe fertile.

Lucrările lui Camerarius, împreună cu cele ale fiziologilor şi anatomiştilor, stabilesc bazele unei teorii generale — în acest caz, teoria sexualităţii ca funcţie comună a animalelor şi plantelor. S-a plecat de la ipoteza unei asemănări funcţionale. Şi în acest domeniu al reproducerii, unde obstacolele erau mai mult conceptuale decît tehnice, s-a mers mai departe decît în altele: s-a descoperit funcţia şi au fost recunoscute organele (cel puţin dintr-un punct de vedere exterior).

Mai trebuie reţinut că prin lucrările lui Bobart şi mai ales Camerarius, metoda experimentală este introdusă în domeniul biologiei reproducerii. Folosindu-se de microscop, ea va deschide o cale care se va dovedi atît de fertilă în secolul următor.

CLASIFICAREA. Botanica sistematică luată în ansamblu, aşa cum este ea reprezentată de lucrările marilor sistematicieni din cea de-a doua jumătate a secolului al XVII-lea: R. Morison, J. Ray, Tournefort, Rivinus, Magnol, a fost mult influenţată de Jung, despre care am vorbit deja, şi de Colonna. Se regăsesc enunţate şi aplicate două principii de bază care îşi trag originea din aceste lucrări în linie dreaptă: pe de o parte — apelul la floare, fruct şi sămînţă, nu la frunză, pentru a stabili înrudirile dintre plante (genuri şi grupe superioare); pe de alta — părăsirea vechii împărţiri a plantelor în arbori şi ierburi (soluţie adoptată de germanul Rivinus, alias A. Bachmann, 1652—1723). Atît Morison, cît şi Tournefort datoresc mult italianului Fabio Colonna (1567—1650), deşi cel dîntîi dintre ei nu şi-a recunoscut nici o datorie şi a pretins că şi-a extras metoda numai din observarea naturii. „Distingem înrudirile plantelor, scrie Colonna în *Ekphrasis*, după floarea sau receptaculul seminţei, şi chiar mai mult, încă după sămînţa însăşi"[2]. Indicaţie majoră, de origine gesneriană, care marca net naşterea principiului subordonării caracterelor. În afară de aceasta, lui Colonna i se datoreşte, de asemenea, sesizarea diferenţei care există între frunzele veritabile şi „frunzele" florale, propuse de el a fi numite *petale* (de la grecescul πεταλον = *petalon*), termen reluat mai tîrziu de Ray (1682) şi introdus definitiv în latina botanică *(petalum)* (cf. W.T. Stearn, *Botanical Latin*, 1966).

Influenţa lui Jung şi Colonna nu se manifestă decît după moartea lor. O dată cu scoţianul Morison şi cu Ray intrăm mai direct în botanica modernă. Robert Morison (1620—1683) a fost primul care a încercat să aplice metoda lui Cesalpino şi să clasifice plantele după forma şi structura

[2] TOURNEFORT, *Institutiones*, 1719 (trad. Becker, 1957). — *N.A.*

fructului. Începînd cu anul 1672, într-o remarcabilă monografie a umbeliferelor, el își formulează concepția și o aplică acestei familii foarte bine alese. Dar principiile sistemului nu au fost dezvoltate decît într-o cărticică postumă, publicată anonim (și atribuită uneori lui Bobart) în 1720. Practic vorbind, clasificarea lui Morison, așa cum apare ea în *Plantarum historia universalis oxoniensis* (1680), nu marchează un progres prea mare. Ea a fost însă foarte utilă; Ray a folosit-o ca un punct de plecare. În 1660, John Ray (1627—1705) publică un catalog al plantelor culese în împrejurimile orașului Cambridge. Ulterior, face numeroase călătorii prin Marea Britanie (1660—1663) și, împreună cu zoologul Willoughby, prin Europa (1663—1666). Ray a fost un naturalist multilateral, zoolog, geolog, botanist și chiar fiziolog, toate deodată.

Lucrările asupra circulației sevei în arbori (1669) atestă întinderea preocupărilor sale. Era un savant deosebit de grijuliu cu informația și în permanență la curent cu ultimele progrese. Lui i se atribuie în general prioritatea (1674) în descoperirea celor două tipuri de semințe: semințele cu două frunze și celelalte. De fapt, el trebuie să fi cunoscut manuscrisul lui Malpighi, care ajunsese la Londra în 1672. Meritul lui Ray nu constă atît în a fi observat și el caracterele semnalate de Malpighi, în a fi dezvoltat și văzut importanța taxonomiei: în 1682, el lansează termenii rămași clasici de mono- și dicotiledonate, iar în 1703 *(Methodus plantarum emendata et aucta)* îi introduce în clasificarea plantelor erbacee. Era un enorm pas înainte. Au fost necesari mai mult de douăzeci de ani pentru ca descoperirea să-și găsească aplicarea în sistematică.

Episcopul J. Wilkins publicase deja, în 1668 *(Real Character)*, tablouri sinoptice ale plantelor culese de Ray, dar abia în 1682 *(Plantarum methodus nova)* și mai ales prin 1686—1704 *(Historia plantarum generalis)* unde sînt descrise 18 699 de plante) Ray își dezvoltă un ansamblu unitar de concepții. Discipol al lui Cesalpino și Jung, Ray a mers pe drumul trasat de Morison: criteriile legate de floare, fruct și sămînță au dat, în mîinile sale, rezultate excelente. După Ray, sistematica tinde într-o mai mare măsură decît după Tournefort să se ridice la nivelul unei înalte și adevărate științe, sigure de viitorul său. Inspirîndu-se din Grew și Malpighi, și fiziolog el însuși, Ray este primul sistematician care a înțeles corect semnificația și structura florii și care a sugerat o definiție a speciei bazate pe reproducere; el era convins că, abstracție făcînd de variațiile individuale sau datorate mediului, specia se reproduce întotdeauna identic cu ea însăși.

Deși, ca toți naturaliștii epocii, Ray credea în fixitatea speciilor, el observă că semințele pot degenera și pot da naștere unor plante diferite de părinți: este ceea ce el numește *transmutatio specierum*. Aceste contribuții variate și importante fac din John Ray unul dintre cei mai mari naturaliști ai tuturor timpurilor.

Pierre Magnol (1638—1715) a avut intuiția unei clasificări naturale la nivel ridicat a vegetalelor și a arătat, în 1689, că acestea pot fi grupate, după asemănările lor, în familii naturale, analoge cu familiile umane sau

animale. Dar sistemul propus de el, bazat exclusiv pe caliciu, era de fapt foarte artificial.

Ray a avut un omolog francez, celebrul Joseph Pitton de Tournefort (1656—1708). Pasionat de botanică încă din tinerețe, Tournefort începe să colecționeze ierburi în împrejurimile orașului Montpellier și în Alpi, reunind primele secțiuni ale celebrului ierbar care este încă una dintre mîndriile Muzeului din Paris. Numeroasele plante pe care le-a adus dintr-o nouă călătorie în Pirineii Centrali, ca și Catalogul, i-au creat un larg renume. În 1683 Fagon, profesor la Jardin du Roy, demisionează în favoarea lui. Cursurile și colecțiile sale atrăgeau. În timpul călătoriilor sale botanice a avut prilejul să viziteze Spania, Portugalia, Anglia și Olanda. În 1694 își publică prima operă, *Éléments de botanique*, în trei volume, admirabil ilustrată cu 451 de planșe desenate de pictorul Aubriet. Acest tratat — tradus în 1700 de el însuși în latină, sub titlul *Institutiones rei herbariae* — este o operă capitală în istoria botanicii. Tournefort are, în adevăr, meritul de a fi înțeles folosul care poate fi tras din forma și așezarea corolelor și florilor. El a făcut, primul, o deosebire între apetale, monopetale (astăzi gamopetale) și polipetale (dialipetale). Apoi, bazîndu-se pe faptul că florile sînt regulate, neregulate sau compuse, el le clasifică în 22 de familii. Metoda lui Tournefort a avut un imens succes; ea era ceea ce autorul ei voise să fie, o metodă simplă, clară și practică. Sistematica sa este cu mult mai puțin ambițioasă decît cea a lui Ray, dar el o voia în primul rînd solidă! Ceea ce trebuie reținut este faptul că Tournefort, în pofida a ceea ce scrie Fontenelle, s-a străduit să stabilească o clasificare *naturală*. Ca sistematician, el era convins de posibilitatea unei cunoașteri obiective: genurile există independent de cel care le clasifică; ele poartă „un caracter specific, care trebuie să servească drept ghid pentru a le aranja la locul lor natural". Chiar dacă Tournefort nu este adevăratul descoperitor al noțiunii de gen, el are meritul de a-i fi subliniat importanța, de a-i fi generalizat utilizarea și de a-i fi precizat caracteristicile. De altfel, genurile sale vor fi păstrate aproape toate de către Linné, ca și majoritatea familiilor folosite de el. Labiate, crucifere, ombelifere, liliacee — toate acestea sînt naturale. Mai trebuie, în sfîrșit, menționat că el distinge clar speciile de varietăți. Aceste noțiuni au fost reluate și completate în urma călătoriei celebre pe care a făcut-o în Levant (1700—1702), în lucrarea *Corollarium institutionum rei herbariae* (1703), supliment la *Institutiones*, unde sînt raportate 1356 de plante noi. După moartea sa, în 1717 a fost publicată cartea *Voyage au Levant*, care mai tîrziu a fost tradusă în mai multe limbi și în legătură cu care P. Guiral scria: „Totul pledează pentru meritul lui Tournefort: stilul plăcut, curiozitatea savantului, onestitatea anchetei și vioiciunea sufletului său".

Au mai fost și alți botaniști cu reputație în secolul al XVII-lea, ca englezul L. Plukenet (1642—1706), medicul german P. Hermann (1640—1695) sau Christoph Knaut (1638—1694), dar ei rămîn cu mult în urma celor despre care am vorbit.

FLORA. După sistematică, flora începe să facă obiectul unor numeroase lucrări, îndeosebi în Franța. Medicul parizian J. Cornut publică, în 1635, una dintre cele dîntîi flore a împrejurimilor Parisului, în care sînt descrise 462 de plante și locul lor de origine. Garidel studiază flora Provenței. P. Barrelier (1606—1673) explorează Provența, Languedocul, Spania și Italia. Manuscrisul pe care el îl pregătise, *Istoria generală a plantelor*, a fost distrus într-un incendiu, dar planșele au fost salvate și publicate de către A. de Jussieu, în 1714; în ele apar 100 de specii inedite.

Sébastien Vaillant (1669—1722), secretar al lui Fagon, apoi profesor la Jardin Royal din Paris, este însă cel care, în *Botanicum paisiense* — sau enumerarea alfabetică a plantelor din împrejurimile Parisului — lucrare conținînd 300 de figuri de Aubriet, face cu adevărat cunoscută flora acestei regiuni, inclusiv criptogamele. El a lucrat timp de 36 de ani la această operă, care a fost publicată prin strădania lui Boerhaave în 1723. Importantul său ierbar este conservat și astăzi la muzeu.

În 1698, Tournefort publică o *Histoire des plantes qui naissent aux environs de Paris*, operă încă actuală prin indicarea unor stațiuni de colecționare de mult dispărute. Opera a fost adnotată și republicată de Bernard Jussieu, în 1725.

În 1676, Magnol scoate o floră a regiunii Montpellier, iar în 1689 — opera sa principală, *Prodromus historiae generalis plantarum*, în care plantele sînt aranjate în 76 de tablouri și distinse între ele prin două sau trei adjective; aceasta este prima încercare de determinare ușoară a vegetalelor.

Ierbarul cules de către J. Burser în mai multe țări ale Europei este folosit de J. Bauhin, care publică un catalog parțial în 1724. Flora Germaniei este studiată de L. Jungermann, M. Hoffmann și fiul său (flora regiunilor Altdorf și Giessen), J. Lösel și J. Gottsched (flora Prusiei) și Volkhamer (Nürnberg), iar a Olandei, de către J. Commelin.

În Anglia, în afară de importantele lucrări ale lui J. Ray, atît asupra geografiei botanice a Europei, cît și asupra plantelor din Marea Britanie, trebuie să mai citățm *Phytologia britannica* de W. How — care semnalează 2220 de plante — și *Scotia illustrata*, de R. Sibbald. Flora Laponiei este descrisă de Olof Rudbeck junior (1660—1740), unul dintre profesorii lui Linné, în timp ce flora Spitzbergului și a Groenlandei este studiată de Fr. Martens, iar cea a Danemarcii de S. Paulli, care folosește pentru prima oară termenul floră pentru titlul unei lucrări.

Și flora italiană a fost obiectul a numeroase studii: cea a Siciliei a fost succesiv studiată de P. Castelli, Bonsiglioli și P. Boccone (1633—1704); acesta din urmă și-a lărgit inventarul, incluzînd Corsica, Malta, Piemontul, Franța și Germania. În afară de acestea, F. Cupani publică, în 1692, un *Catalogus plantarum Sicularum*, iar G. Grisley, în 1661, una dintre primele flore ale Portugaliei.

Vegetalele inferioare încep și ele să facă obiectul cîtorva lucrări. Menționăm, din Franța, pe cele ale familiei Marchant. Nicolas, medic din Orléans — căruia fiul său i-a dedicat un gen al hepaticelor, *Marchantia* — este unul dintre principalii autori ai lucrării *Description des plantes*, publicată de către

Academie în 1676. Fiul său, Jean, director al secţiei de culturi la Jardins du Roy, publică numeroase note asupra muşchilor. Mai menţionăm, în sfîrşit, că italianul F. Cavallini, care studiase plantele din Malta, face cunoscut muşchiul de Corsica *(Fucus helmintocorton)*.

FLORA ŢĂRILOR DE PESTE MĂRI. Studiul florei ţărilor îndepărtate a făcut un mare progres în cursul secolului al XVII-lea. Botaniştii francezi, şi mai cu seamă călugării şi marinarii, au avut o mare contribuţie în acest domeniu, susţinuţi fiind de Fagon, primul medic al lui Ludovic al XIV-lea, care le-a fost un prieten credincios, punîndu-le la dispoziţie marea trecere de care se bucura la Curte. El a fost cel care le-a înlesnit — mai întîi lui Plumier şi apoi lui Feuillée — plecarea în America. Şi pe Tournefort l-a sprijinit pentru a putea vizita Levantul.

Încă din 1635, J. Cornut descrisese 79 de plante din Canada după exemplare ţinute sub observaţie în grădinile fraţilor Robin; printre plantele descrise de el se afla şi *Robinia*. Vespasien Robin (1579—1662), după ce a vizitat coastele Barbariei descriind mai multe specii găsite acolo, a publicat, în 1620, o istorie a plantelor nou descoperite în insula Virginia, pe care a vizitat-o în acelaşi timp şi J. Banister, care întocmeşte o floră, publicată ulterior de Petiver. Farmacistul englez T. Johnson a făcut, în 1634, o listă de plante din această regiune, de unde John Tradescant a adus numeroase plante pe care le-a făcut cunoscute în 1656. Marea cercetare întreprinsă, între anii 1571 şi 1577, de Francisco Hernandez (1514—1578), pentru a culege farmacopeea tradiţională a Mexicului, a constituit subiectul mai multor publicaţii, din păcate foarte insuficiente (F. Ximenez, Mexico, 1615; N.A. Recchi, Roma, 1628; F. Cesi, Roma, 1651).

Dar cel care a început să facă cunoscută flora americană a fost mai cu seamă părintele C. Plumier (1646—1706). După ce a întocmit ierbare în Franţa cu Tournefort şi Garidel, el a plecat în Antile, în 1689, împreună cu medicul Surian, însărcinat îndeosebi cu analiza plantelor întîlnite, în vederea eventualei lor utilizări medicale. Ei s-au reîntors după 18 luni. Surian a publicat un inventar al plantelor şi al drogurilor culese. Ulterior părintele Plumier întreprinde o nouă călătorie în America, cu titlul de botanist al regelui. La reîntoarcere, el publică, în 1693, *Descrierea plantelor din America*, în care speciile, desemnate încă cu multe denumiri latine, sînt descrise cu indicarea locului de trai şi a însuşirilor lor. Desenele sînt foarte fidele, contururile fiind trase cu ajutorul plantei însăşi. În decursul unei alte călătorii, Plumier a vizitat Guadelupa, Martinica şi Santo Domingo. Această călătorie i-a permis ca în 1703 să descrie 106 genuri noi, pe care le-a dedicat celor mai celebri botanişti ai epocii. Plumier a publicat, de asemenea, în 1705, importanta sa lucrare *Traité des Fougères d'Amérique*.

Părintele dominican J.B. Du Tertre (1610—1687) a fost trimis, la cererea lui Richelieu, în Antile, unde a stat din anul 1640 pînă în 1656; lucrarea sa *Istoria generală a Antilelor* este interesantă din punctul de vedere al botanicii aplicate. În povestirile lor despre şederea în Brazilia din 1612 pînă în 1614, Claude d'Abbeville şi Yves d'Evreux au descris 40 de arbori. Tot din această ţară, G. Mar-

cgrav şi W. Piso au împrumutat obiceiul de a folosi ipecacuana, ca şi elementele lucrării *Historia naturalis Brasiliae* (apărută în 1648).

Farmacistul olandez O. Cluyt, care a vizitat coastele Africii de nord, a publicat un articol despre felul de a ambala şi de a trimite la depărtare arborii, plantele, fructele şi seminţele, în timp ce P. Hermann a colecţionat numeroase plante de la Capul Bunei Speranţe, iar J. Cunningham, de pe insula Ascension. În urma şederii în Madagascar, Flacourt, directorul general al Companiei Orientale, şi-a publicat, în 1658, elementele unei istorii îmbogăţite cu numeroase desene de plante şi cu descrierea cîtorva specii noi, printre care ciudata plantă carnivoră *Nepenthes*. În timp ce J. Tradescant explorează, în 1620, insulele din Mediterana, J. Vesling publică, în 1638, un studiu despre plantele din Egipt, francezul J. Spon şi englezul G. Wheler vizitează Grecia şi o parte din Asia Mică, descriind în 1677 peste 100 de plante de acolo. Sherard, devenit consul la Smirna, a întocmit acolo unul dintre ierbarele cele mai importante ale epocii. În 1700, Tournefort se duce în Levant împreună cu pictorul Aubriet şi cu botanistul german Gundelsheimer, vizitînd rînd pe rînd Candia, insulele arhipelagului grecesc, Constantinopol, coasta Mării Negre, Armenia, unde s-a urcat pe Muntele Ararat, Georgia şi Asia Mică. Reîntors la Marsilia la 3 iunie 1702, încărcat cu tot ce recoltase în Orient, el publică în 1717 o ciudată povestire a călătoriei, ilustrată cu 1 356 de schiţe de plante.

H. van Rheede tot Draakenstein, care vizita instalaţiile olandeze ale celor Două Lumi, înainte de a deveni guvernator la Malabar, a făcut cunoscută vegetaţia Indiilor, în lucrarea sa monumentală *Hortus indicus malabaricus* (în douăsprezece volume, cu 794 de planşe, scrisă între anii 1673 şi 1703). J. Commelin (1629—1692) a scris comentarii la partea a II-a a acestei lucrări şi a studiat plantele care se cultivau pe atunci în India, în timp ce olandezul J. de Bondt a publicat, în 1642, un studiu despre plantele medicinale din India. Germanul E. Kaempfer, care vizitează Iranul, Ceylonul şi golful Bengal, Sumatra (Sumatera), Batavia, Siamul şi Japonia, publică în 1712 o lucrare cuprinzînd descrierea a numeroase plante pe care le recoltase. Studiul său special asupra plantelor din Japonia nu a fost publicat decît în 1791 de către J. Banks; de asemenea, importantul ierbar cules în Indiile Orientale din 1670 pînă în 1677 de către medicul german P. Hermann nu a fost editat decît în 1747 de Linné. Flora Extremului Orient a fost studiată de H. Grim (Ceylon şi Djawa), de iezuitul polonez M. Boym (China), de către medicul german A. Cleyer (China şi Japonia), de C. Mentzel (Japonia), de J. Nieuhof, care descrise în 1665 ceaiul, smilaxul de China etc., şi de J. Cunningham, care a dăruit colecţiile sale lui Ray, Plukenet şi Petiver, aceştia din urmă făcîndu-le apoi descrierea. P. Camelli (Kamel), medicul austriac al cărui nume este evocat de planta numită *Camellia*, a studiat plantele cătărătoare de Manilla şi a transmis colecţiile sale făcute în Filipine lui Petiver şi Ray, care ulterior au întocmit şi publicat lista lor. Mai trebuie semnalat minunatul studiu al florei insulelor Sonde elaborat de G. Rumph (1626—1707) şi publicat în şapte volume de către J. Burman între anii 1741 şi 1750. Din punct de vedere descriptiv, acest studiu este superior lucrării lui Rheede, dar planşele sînt de calitate inferioară. Menţionăm, în

sfîrșit, studiile de ansamblu asupra plantelor exotice întocmite de C. Mentzel și de J. Breyn (1678); acestea din urmă sînt o adevărată capodoperă tipografică.

Englezul W. Dampier (1652—1715) poate fi considerat ca tipul marinarului botanist al secolului al XVII-lea; opera sa este deosebit de importantă. Fiind orfan, W. Dampier a fost îmbarcat de către tutorii săi, și astfel vizitează mai întîi „în calitate de corsar", coastele Americii, insulele din Pacific, Noua Olandă și Indiile Orientale, care tocmai fuseseră descoperite, în 1642, de către Tasman, și a căror floră a făcut-o cunoscută în 1701. Dampier a stat trei ani în Jamaica, locuind la tăietorii de păduri, și s-a reîntors, în 1679, cu pirații. De aici, el s-a dus în Virginia în 1682, pentru a pleca mai departe, în 1683. Debarcînd în China în 1687, el se duce la Tonkin. Revine în Anglia în 1691 și pleacă apoi în Noua Olandă. Naufragiat la întoarcere în apropierea insulei Ascension, el este salvat de o navă engleză. Această viață, dintre cele mai agitate, face ca lectura cărții sale *New Voyage round the World* (apărută în 1697) să fie deosebit de pasionantă, ilustrînd întocmai epopeea acestor naturaliști dornici de aventură, care ne-au făcut cunoscute bogățiile naturale din țările îndepărtate.

AGRICULTURA ȘI HORTICULTURA. În secolul al XVII-lea, în domeniul agronomiei se fac remarcate două nume de botaniști francezi: acela al lui Olivier de Serres și al lui J. de la Quintinie. O. de Serres (1539—1619) și-a petrecut toată viața în Languedoc, în senioria din Pradel, unde și-a statornicit cîmpurile sale de experiență. Reputația lui de „patriarh al agriculturii" nu pare să se fi răspîndit decît la multă vreme după moartea sa. El a fost un bun prieten al regelui Henric al IV-lea, pentru care a publicat, în 1599, *Culesul mătasei*. Lucrarea sa *Teatrul agriculturii*, apărută în 1600, a fost reeditată de nenumărate ori și socotită timp de mai bine de un secol drept cartea de căpătîi a tuturor agricultorilor avansați. Autorul arată necesitatea de a cunoaște bine solurile, indicînd metodele de a le lucra, îngrășămintele și însămînțarea, procedeele de tăiere și de altoire a arborilor fructiferi, dă sfaturi atît pentru cultivarea unei grădini de zarzavat, cît și pentru plantarea arborilor. De asemenea, subliniază „rolul de tată al familiei față de servitorii și vecinii săi" și al „comportamentului potrivit în singurătatea de la țară".

J. de la Quintinie (1626—1688), atras de horticultură în urma unei călătorii făcute în Italia, a fost numit de Ludovic al XIV-lea șef al grădinarilor de la palatul din Versailles. Lucrarea sa *Introducere pentru grădinile fructifere și de zarzavaturi*, publicată în 1690, a fost reeditată de multe ori în ediții conținînd gravuri foarte frumoase, care au contribuit la celebritatea ei. Autorul arată cum se plantează o grădină de zarzavat și indică, lună de lună, muncile ce trebuie efectuate. Important este noul său procedeu de altoire a arborilor fructiferi, procedeu care, fiind mai sever și mai rațional, mărește considerabil randamentul. În lucrare se găsesc, de asemenea, desenele numeroaselor unelte de grădinărie din timpurile acelea, precum și un capitol referitor la creșterea portocalilor. Opera lui la Quintinie a dat un mare avînt horticulturii din secolul al XVII-lea, cînd au fost publicate diverse tratate de grădinărie, mai cu seamă

de către Jacques Boyceau, P. Laurenberg și abatele Le Gendre, care dă totodată și numeroase îndrumări în ceea ce privește altoirea. Să amintim că Le Nôtre, celebrul grădinar al lui Ludovic al XIV-lea la Versailles, a plantat, în această epocă, numeroase grădini, așa-numitele *„à la française"*, caracterizate prin planurile lor geometrice și prin perspectivele lor largi. Mai semnalăm, în Polonia, lucrarea *Dendrographias* a lui J. Jonston (1662) și, în Olanda, lucrările de botanică și horticultură ale lui A. Munting și J. Commelin.

BOTANICA APLICATĂ ÎN MEDICINĂ. În secolul al XVII-lea au apărut puține lucrări originale despre folosirea plantelor în medicină; chimia vegetală nu este, într-adevăr, decît la începuturile ei. Menționăm totuși lucrările lui N. Lémery, P. Pomet, Wedel și S. Dale, care au acordat un loc de frunte farmacopeii vegetale. Amintim, în sfîrșit, că în această epocă fuseseră deja publicate numeroase lucrări asupra „identificării plantelor", în ciuda criticilor aduse de A. van der Spiegel (1606).

GRĂDINI BOTANICE. Dezvoltarea grădinilor botanice a contribuit foarte mult la progresul botanicii. Frații Robin au înființat una la Paris la capătul insulei Notre Dame. Doamnele de la curtea lui Henric al IV-lea căutau acolo modele de flori pentru broderiile lor și, spre a le ușura munca, Vallet, broderul regelui, publică în 1601 lucrarea *Grădina regelui preacreștin Henric al IV-lea;* această carte a fost ilustrată cu 75 de planșe. J. Robin a condus, de asemenea, lucrările de amenajare a grădinii pe care Facultatea de medicină a hotărît să o înființeze la Paris; el a publicat catalogul acestei grădini în 1601.

Guy de la Brosse, medicul regelui Ludovic al XIII-lea, a amenajat, în anul 1635, Grădina regală de plante medicinale, devenită mai tîrziu Grădina botanică, care n-a întîrziat să ajungă celebră în lumea întreagă. Guy de la Brosse a descris însușirile plantelor care erau cultivate aici, publicînd și o culegere în acest domeniu. S. Vaillant a fost acela care a construit primele sere „cu sobe" pentru a cultiva în ele plante din țările calde. Catalogul plantelor din Jardin du Roy *(Schola botanica)* îi este atribuit lui Sherard. Gaston de Orléans a amenajat, în apropiere de Blois, o „grădină remarcabilă", care a fost îmbogățită cu numeroase plante rare sau chiar încă necunoscute de către Morison. Acesta din urmă a reeditat, în anul 1669, lucrarea *Hortus blesensis*, publicată în 1653 de către A. Brunyer. Mai citățm catalogul grădinii farmacistului din Lille, P. Ricort, 1644, cel din Strasbourg, întocmit de Mappus în 1691 etc.

În Italia, țara grădinilor botanice alese, G. Schenck întocmește catalogul grădinii din Padova; frații Ambrosini, Zanoni și G.B. Trionfetti pe acela al grădinii din Bologna; T. Belluci, pe acela al grădinii din Pisa; P. Castelli și F. Cupani, pe acela al grădinii din Messina. Mai mulți artiști (dintre care Guido Reni) au ilustrat cu splendide desene de flori lucrarea *De florum cultura* de G.B. Ferrari (1633). Mai semnalăm *Hortus botanographicus* (apărută în 1660), lucrare elaborată de O. Montalbani, autor care în anul 1654 publicase o mică lucrare de istorie a botanicii. Menționăm, de asemenea, că Th. Schenck a fost

acela care a catalogat grădina botanică din Jena (în anul 1659); P. Ammann a întocmit catalogul din Leipzig; A. van der Spiegel, pe acela din Leiden; J. Commelin, pe cel din Amsterdam, şi Sutherland, catalogul grădinii botanice din Edinburgh, fundată în 1680 de către A. Balfour. Medicul olandez H. Munting a publicat, în 1646, lucrarea *Hortus et universae materiae medicae gazophylacium*, iar S. Paulli a întocmit, în 1653, un catalog colectiv al mai multor mari grădini botanice din Copenhaga, Oxford, Paris, Padova, vestite pe vremea aceea.

CAPITOLUL V

Apariția geologiei

Geologia propriu-zisă a apărut abia în secolul al XVII-lea, deși natura reală a fosilelor fusese înțeleasă mai dinainte atît de Herodot, cît și de Leonardo da Vinci și Bernard Palissy. Cu toate acestea, observațiile lor, deși valabile, nu relevau încă nimic despre noua știință.

Termenul geologie *(geologia)* cuprindea în evul mediu studiul a tot ce era „terestru", spre deosebire de „divin", care îngloba la un loc studiul dreptului, ca și pe cel al mineralelor. Se pare că termenul a fost folosit pentru prima oară în sensul său modern în 1657, în titlul unei lucrări daneze scrisă de M.P. Escholt, *Geologia norvegica*, tradusă în engleză în 1663 de Daniel Collins, și care tratează despre cutremure de pămînt și despre minerale. Puțin mai tîrziu, în 1690, Erasmus Warren publică o carte: *Geologia, or a Discourse concerning the Earth before the Deluge (Geologia sau discurs despre Pămînt înainte de potop)*.

Științele despre Pămînt nu sînt decît la începuturile lor, cît despre „geologi", aceștia nu existau încă. Cîteva personalități vor orienta cercetarea secolului următor, propunînd idei noi, eliberîndu-se de sub influența lui Aristotel. Aceștia vor fi filozofi, medici, fizicieni, călători, care vor crea științele despre Pămînt, acțiune nu întotdeauna lipsită de pericole în timpurile în care biserica îl obliga pe Galilei să-și renege „erezia" după care Pămîntul s-ar învîrti în jurul său și în jurul Soarelui.

În Franța, Descartes nu a fost, desigur, un geolog, dar el transpune matematica în cosmografie, îndrăznind să privească toate fenomenele cerești ca o aplicare a legilor mecanice, presupunînd unitatea materiei tuturor corpurilor cerești.

În Anglia, Robert Hooke, folosind microscopul pentru studiul foraminiferelor și al anatomiei lemnelor fosile, creează anatomia comparată a plantelor vii și fosile; el apare astfel ca un precursor de netăgăduit al teoriei transformiste. Descoperirea circulației sîngelui de către William Harvey avusese o influență notorie asupra ideilor geologilor — ucenici care ajung să-și imagineze Pămîntul ca un corp viu prin care circulă o cantitate mare de apă. În timp ce danezul Sténon creează primele noțiuni de stratigrafie, iezuitul german Kircher emite prima teorie „plutonistă". În sfîrșit, Leibniz, utilizînd noțiunile contemporanilor săi, construiește o istorie geologică a globului, definește specia și asigură legăturile cu secolul al XVIII-lea. De altfel, mineralogia este abordată

de Sténon, Huygens și Boëce de Boodt. În această epocă se constituie mari colecții de roci și de fosile care vor fi preludiul creației muzeelor naționale de istorie naturală.

SINTEZA CARTEZIANĂ. Descoperirea petelor solare către anul 1610 s-a relevat ca fiind unul dintre aporturile cele mai spectaculoase ale noii astronomii. În 1630, în lucrarea sa *Nova ursina*, P. Christoph Scheiner își completează primele sale observații, întocmind hărți ale Soarelui, ale petelor sale și ale mișcărilor lor, arătînd astfel că Soarele însuși este supus schimbărilor și că el se învîrtește în jurul lui însuși. Această descoperire, contrară fixismului lui Aristotel, constituie punctul de plecare al astrofizicii și deschide calea spre noi teorii asupra istoriei globului terestru.

Dacă condamnarea lui Galilei îl face pe Descartes să renunțe la publicarea lucrării sale intitulată *Traité du Monde*, marele filozof nu abandonează însă ideile sale revoluționare asupra evoluției universului, idei pe care le prezintă în lucrările sale *Le discours de la méthode* și *Les météores* apărute în 1637, ca și în *Principia philosophiae* (apărută la Amsterdam în 1644; trad. franceză, Paris, 1647).

Într-o sinteză dintre cele mai îndrăznețe, Descartes transpune matematica în cosmografie și îndrăznește să considere toate fenomenele cerești ca aplicații ale legilor mecanice.

„Eu arăt, scrie el în *Discours de la méthode*, cum cea mai mare parte a acestui haos trebuie, urmînd aceste legi, să se așeze și să se aranjeze în așa fel, încît să fie asemănătoare cerurilor noastre; cum cîteva dintre aceste părți trebuie să compună un Pămînt și altele să fie comete, cum alte cîteva vor fi un Soare și stele fixe."

În lucrarea sa *Les principes de la philosophie*, el spune: „Nu este greu de a conchide din toate acestea că Pămîntul și Cerurile sînt făcute din aceeași materie."

Descartes pare să fie astfel primul care a exprimat cu claritate constituția materială a lumii, a unei lumi supuse legilor mecanicii. El consideră Pămîntul și celelalte planete ca aștri răciți la suprafață și înveliți într-o crustă solidă:

„Acest Pămînt pe care ne aflăm a fost altădată un astru... în așa fel încît el nu diferă întru nimic de Soare decît numai prin faptul că este mai mic" *(Les principes de la philosophie)*.

Această idee a fluidității originale, adoptată de Newton, i-a servit, cu 40 de ani mai tîrziu, adică în 1687, să calculeze aplatizarea sferoidului terestru după viteza sa de rotație.

Descartes, continuîndu-și ideile, consideră, din punct de vedere mecanic, istoria globului terestru și aranjamentul diferitelor sale părți, fiind de la sine înțeles că centrul Pămîntului este în stare de permanentă fuziune și în curs de răcire lentă. El face apoi legătura dintre dislocările pe care le suferă „bolta terestră" și răcirile și contracțiile masei care o susține. Așa cum remarca Daubrée (în anul 1880), „... nu poate fi exprimat mai clar că emersiunea continentelor și formarea neregularităților lor constituie rezultatul unei deplasări relative a horstului crustei terestre".

Celebra figură din planșa a XV-a din lucrarea *Principes* reprezintă o secțiune a globului pămîntesc (fig. 33). În centru se află primul element I (căldură, lumină și forță, rămășiță a unei epoci îndepărtate, cînd Pămîntul era o stea). Apoi se află o sferă M, compusă din aceeași materie ca și petele din Soare, după aceea „o scoarță de pămînt grea" (C) și o altă crustă mai ușoară (E). Între cele două scoarțe se află un ocean interior (D), deasupra căruia plutește scoarța E. Fragmente din stratul E basculează, înfundîndu-se în oceanul interior sau înălțîndu-se în chip de munți.

Acest ocean interior ar fi putut să dea o explicație potopului prin masa sa considerabilă de apă. Pe de altă parte, Descartes credea că, dacă marea nu se revarsă, asta se datorește faptului că apele comunică prin niște pasaje cu oceanul interior, de unde vin izvoarele, astfel încît „cursul apei în acest pămînt imită scurgerea sîngelui în corpul animalelor". Toate aceste ipoteze erau pur speculative și nu s-au sprijinit nicicînd pe vreo observație făcută pe teren.

Tot lui Descartes i se datorește și răspîndirea unei teorii foarte ingenioase asupra formării mineralelor metalice. Originea lor era de obicei atribuită influențelor siderale, fiecare planetă determinînd în filoane geneza metalului al cărui nume îl poartă. Descartes, din contră, afirmă că filoanele sînt umplute cu emanații venind din *profunzime*. Această idee, schițată încă din 1505 de U.von Kalbe în lucrarea sa *Bergbüchlein*, va fi adoptată de Sténon și confirmată mai tîrziu de Hutton. În ansamblu, opera lui Descartes părea cu totul extraordinară pentru epoca în care a fost scrisă. Ea introduce în cosmografie ideile inteligibile de mișcare, de impuls și de forță centrifugă. Principiul său de universalitate a materiei va fi demonstrat în secolul al XIX-lea prin analiza spectrală. În sfîrșit, ideea căldurii interioare și puterea ei va avea o mare influență asupra evoluției teoriilor geologice.

CIRCULAȚIA APELOR. În 1643, iezuitul francez Georges Fournier publică un tratat intitulat *Hydrographia*. Călător pasionat, el stabilește o teorie a curenților marini, afirmă că nivelul oceanelor este peste tot același, că apa pe care fluviile o aduc în fiecare zi mării nu are nici o legătură cu volumul oceanelor.

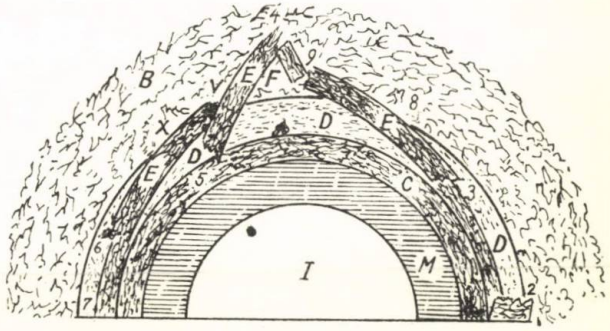


FIG. 33. STRUCTURA PĂMÎNTULUI DUPĂ DESCARTES (*PRINCIPIA PHILOSOPHIAE*, 1644)

În 1674 apare lucrarea prea puțin cunoscută a lui Pierre Perrault (1608—1680) *De l'origine des fontaines* (Despre originea fîntînilor). Pierre Perrault, fratele autorului de povești Charles Perrault și al arhitectului Claude Perrault, și-a dat seama că toată lumea se înșală, acordînd apelor fluviale un volum mult mai important decît aceluia al apelor de ploaie. El este primul care caută cifre exacte și, timp de trei ani, între 1668 și 1674, măsoară cantitatea de apă de ploaie căzută asupra Parisului. Pierre Perrault ajunge la cifra de 600 mm pe an, ceea ce corespunde într-adevăr realității. Mai mult, el măsoară suprafața bazinului de acumulare al depresiunii superioare a Senei și ajunge la concluzia că apa de ploaie căzută este suficientă pentru a-l alimenta, asigurînd în același timp viața copacilor și a cîmpiilor. Apoi, ca toată lumea de la Aristotel și pînă la Descartes inclusiv, el este de părere că apa se urcă în munți sub formă de vapori, prin canale și, recăpătîndu-și „forma de apă", găsește o ieșire prin intermediul izvoarelor.

OPERA LUI STÉNON. Niels Steensen (1638—1686), cunoscut de obicei sub numele de Sténon, și-a făcut studiile în orașul natal, Copenhaga, apoi la Amsterdam și la Leiden. După o perioadă de doi ani petrecută la Paris (între 1664 și 1666), el se duce la Florența, unde participă la lucrările inițiate de *Accademia del Cimento* la curtea marelui duce de Toscana. Studiind cu minuțiozitate terenurile acestei regiuni, el ajunge la concluzii cu totul surprinzătoare pentru epoca sa și care continuă să rămînă la baza stratigrafiei moderne. Sténon își rezumă opera în lucrarea *Prodromus de solido intra solidum naturaliter contento* (Florența, 1669).

Desigur, Sténon admite natura reală a fosilelor. Mai mult, el recunoaște că diversele strate ale scoarței pămîntului sînt în mod vizibil produsul sedimentării marine, că orice strat depus este anterior celui care-i este suprapus și posterior aceluia pe care-l acoperă, că stratele s-au depus orizontal, că chiar dacă sînt înclinate, aceasta se datorește faptului că au fost zdruncinate și, în sfîrșit, că dacă un strat s-a depus orizontal pe strate înclinate, aceasta denotă că zdruncinătura este anterioară. El ne dă și prima figură a unei discordanțe.

Sténon distinge „rocile primitive" anterioare existenței plantelor și animalelor, de „rocile secundare", suprapuse celor precedente și care conțin fosile. El compară cochiliile fosilelor din Italia cu speciile vii, deosebește fosilele marine de fosilele de apă dulce. În sfîrșit, el admite șase mari epoci ale Naturii, după cum marea acoperea continentele sau se retrăgea (primul eseu asupra importanței transgresiunilor și asupra regresiunilor marine).

Amploarea acestei opere arată că Sténon poate într-adevăr să fie considerat ca primul geolog adevărat. Cu toate că el și-a consacrat ultimii săi ani de viață activităților de ordin religios, Sténon a fost în același timp unul dintre cei mai mari anatomiști ai secolului al XVII-lea.

ȘCOALA ENGLEZĂ: HOOKE, LHUYD, WOODWARD, LISTER. Robert Hooke, una dintre cele mai luminate minți ale secolului al XVII-lea, folosește microscopul pentru studiul micilor animale fosile și mai cu seamă a foramini-

ferelor din genul *Rotalia*. Totodată, el este creatorul anatomiei comparate a plantelor vii și a fosilelor, căci studiază și compară structura anatomică a lemnului actual, a lignitului și a lemnului petrificat. Lucrarea sa *Micrographia*, scrisă în 1665, conține un desen foarte frumos al structurii anatomice al unui lemn silicifiat, cu atît mai remarcabil, cu cît pe vremea aceea nu se cunoștea încă prepararea de lame subțiri.

Studiind amoniții, Hooke arată că liniile lor de sutură erau diafragme, membrane separînd încăperi, ceea ce apropia aceste animale fosile de nautilii actuali. Mai mult, Hooke a fost un precursor de netăgăduit al doctrinei transformiste, atunci cînd a scris:

„Este posibil să fi fost mai multe varietăți ieșite din aceeași specie..." „Știm că deosebirile de climă, de sol și de hrană produc de multe ori o schimbare la acele corpuri care au de suportat aceste deosebiri". „Cîini, capre etc. își schimbă aspectul în funcție de climă și de hrană; dacă aceste animale sau altele ar fi fost transportate în altă parte, se presupune că ele ar fi suferit o serie de schimbări."

Lui Edward Lhuyd îi datorăm o operă remarcabilă: *Lithophylacii britannici iconographia* (1699) care conține descrierea a 1 600 de animale și plante fosile adunate în Anglia. Două sute cincizeci de specii sînt desenate cu grijă pe 23 de planșe. Autorul remarcă, de asemenea, că există forme asemănătoare în Anglia și în Irlanda, dar el atribuie apariția fosilelor germinației în sol a unor mici organisme răspîndite în aer și în apă. Cu toate acestea, lui îi datorăm descrieri îngrijite și nume de genuri, ca acela de *Terebratula* printre brahiopode și *Trinucleus* printre trilobiți. Din punct de vedere stratigrafic, se pare că Lhuyd avea idee despre existența fosilelor mai cu seamă în anumite strate, atunci cînd observă că echinidele din calcarele Angliei și Irlandei sînt identice.

John Woodward adoptă ideile epocii sale, dar fiind un observator foarte minuțios, constată că solul Angliei este compus din strate orizontale suprapuse, de origine marină, conținînd fosile.

Cît despre Martin Lister, el preia observațiile lui G. Owen care, începînd de la sfîrșitul secolului al XVI-lea, arătase extinderea anumitor strate pe suprafețe mari. El înțelege felul așezării stratelor sedimentare în Anglia, remarcînd chiar continuarea cretei din Anglia de partea cealaltă a Canalului Mînecii. Se pare că Lister a fost primul care a avut ideea întocmirii unei hărți geologice, dar proiectul lui nu a fost pus în aplicare.

ȘCOALA GERMANĂ: DE LA KIRCHER LA LEIBNIZ. Fizician iezuit, R.P. Athanasius Kircher (1601-1680) se inițiază în studiul Pămîntului vizitînd grotele din Renania. În 1635, el se află la Roma, unde, împreună cu confratele său savantul P. Schneider, observă Soarele, întocmind o hartă pe care o va publica mai tîrziu, în 1664, în lucrarea sa *Mundus subterraneus*. Această hartă este, fără îndoială, destul de neobișnuită, cu „izvoarele sale de lumină", flăcările sale vizibile, relieful și formidabilele sale explozii vulcanice, dar, pentru prima oară, Soarele este privit ca un astru pe cale de evoluție. Nu este decît un pas pînă la ideea că și Pămîntul este un astru pe cale de evoluție. De altfel,

Kircher, face acest pas, arătîndu-ne interiorul Pămîntului în cea de-a treia figură a sa (vol. I, p. 194): „Sistemul teoretic al focurilor subterane, ai căror vulcani sînt ca niște răsuflători" (planșa 26). Totul este fals, dar există o oarecare bază de observație și faptul că Kircher îndrăznește să-și imagineze ceea ce ar putea să se întîmple în interiorul Pămîntului; nu e mai puțin adevărat că în 1638 el asistase la o erupție a Vezuviului, însoțită de un cutremur de pămînt. El reia apoi, ca și Descartes, vechea idee a canalelor subterane care fac legătura între mări și uscat, pentru a forma un vast circuit al apelor, ceea ce împiedică revărsarea mării. Kircher crede că forța mareelor este aceea care urcă apele mărilor la înălțimea munților, de unde acestea revin pe calea fluviilor. El apare ca un precursor al geologiei moderne, atunci cînd scrie: „Nici în interior, nici în afară, Pămîntul nu a rămas în starea în care se găsea la început". El ne dă, de altfel, enumerarea agenților modificatori: eroziunea, năvălirea apelor mării, depozitele fluviilor, deformațiile provocate de seisme. Kircher atribuie focului interior acțiunea preponderentă în viața Pămîntului, imaginîndu-și că la originea dispariției Atlantidei (a cărei hartă ne-o prezintă) stă un cutremur de pămînt.

Leibniz, născut la Leipzig în 1646, devine în 1676 bibliotecar la curtea ducelui de Brunswick-Luneburg din Hanovra. În anul 1680, el este însărcinat să scrie istoria casei de Hanovra și a ducatului de Brunswick. Străbătînd Italia în căutare de documente, Leibniz îl întîlnește pe Sténon, ale cărui concepții despre geologie l-au cucerit. El îl citise pe Descartes, fiind ispitit de explicațiile „mecaniciste" ale acestuia, dar nu se putea desprinde încă de ortodoxie și considera că „izvoarele mecanicismului trebuiau să se găsească în metafizică". Leibniz îl citise concomitent și pe Kircher, pe care îl menționează.

Leibniz luase hotărîrea să-și înceapă studiul istoric printr-un expozeu geografic și chiar geologic. De atunci, istoria geologică a ducatului avea să se plaseze în istoria geologică a Pămîntului, care va servi de introducere lucrării sale. Aceasta, intitulată *Protogea*, nu a fost publicată la Göttingen decît după 33 de ani de la moartea lui, în 1749, același an cu lucrarea lui Buffon *Théorie de la Terre*. Un rezumat foarte scurt al acestei lucrări fusese publicat încă în 1693.

Ca și Descartes, Leibniz admite originea de foc a globului terestru și existența unui foc în centrul Pămîntului. El subliniază abundența „materiilor sticloase", a manifestărilor vulcanice, a apelor termale cu temperaturi înalte și a cutremurelor de pămînt.

Pe de altă parte, Leibniz se gîndea că, de la Creație încoace, Pămîntul trecuse prin transformări neîntrerupte datorită acțiunii focului și apei. În acest punct, concepțiile lui se despart de acelea ale lui Descartes, care nu admitea acțiunea focului. Noțiunea sa despre transformările constante era foarte îndrăzneață pentru epoca aceea. Cît despre potop, Leibniz credea încă, la fel ca și contemporanii săi, că acesta a fost provocat nu numai de ploi, ci și prin ieșirea bruscă la suprafață a apelor subterane eliberate după prăbușirea „scoarței Pămîntului". Leibniz deosebește rocile de origine ignee de rocile sedimentare, crede că forma reliefului se datorește apei și vîntului, înțelegînd prin

aceasta că lanțurile muntoase s-au format în urma erupțiilor anterioare potopului.

În lucrarea sa *Nouveaux essais*, scrisă în 1703 și publicată în 1765, Leibniz a fost, se pare, primul care a dat definiția speciei:

„Noi definim specia prin generație, în așa fel, încît cel asemănător care vine sau putea să fi venit din aceeași origine sau sămînță să fi fost de aceeași specie", dar „...niciodată nu se pot trasa limite fixe speciilor". „Speciile sînt legate între ele și nu diferă decît prin stadii nesimțite", „... totul în natură merge treptat și nu prin salturi".

Să mai citățm și o altă frază:

„Poate că peste cîtva timp sau în vreun alt loc din univers speciile animale sînt, sau au fost, sau vor fi mai degrabă sub influența schimbărilor decît sînt astăzi printre noi".

Scriind aceasta, Leibniz pregătește astfel foarte deslușit spiritele pentru a concepe noțiunea evoluției speciilor, care se va preciza în secolul al XVIII-lea.

MINERALOGII: STÉNON, HUYGENS, BOËCE DE BOODT. Mineralogia, studiul mineralelor, reunește prin metodele sale științele matematice, fizice, chimice și naturale, în funcție de unghiul de vedere considerat. Mineralogia poate fi împărțită pe secțiuni: *cristalografia*, mineralogia pură studiind proprietățile care sînt legate de simetrie, *mineralogia chimică* sau studiul compoziției chimice a mineralelor, *petrografia* (sau mineralogia *sensu lato*) care descrie mineralele, geneza lor, asociația sub formă de roci și rolul lor în natură.

Această ramură deosebită a geologiei se desprinde foarte curînd de geologia propriu-zisă, după ce a fost numai geologie *sensu lato*. Pe la jumătatea secolului al XVII-lea, mai cu seamă sub influența lui Descartes, un curent puternic determinat de curiozitatea științifică a dat naștere cercetărilor celor mai variate. Aceste cercetări nu au neglijat nici mineralele. A fost pronunțat chiar termenul de „regn mineral", încercîndu-se să se facă clasificarea mineralelor.

În secolul al XVII-lea, studiul cristalelor a început să devină o preocupare a numeroși observatori. În timp ce Hooke, Leeuwenhoek și Boyle făceau cunoscute rezultatele unor observații interesante, Sténon întreprinde un studiu mai aprofundat al formelor diferitelor tipuri de cristale, mai cu seamă a cristalelor prismatice de cuarț cu secțiune dreaptă hexagonală. Compatriotul său Erasmus Bartholin (1625—1698) studiază cristalele de spat de Islanda (calcite) și, cu acest prilej, observă, primul, fenomenul dublei refracții a luminii (*Experimenta crystalli Islandici disdiaclastici...*, Copenhaga, 1669). În curînd, Huygens redactează un memoriu asupra structurii calcitului cu titlul de *Traité de la lumière*, care apare în 1690. Conform unei ipoteze pe care o emite, cristalul de calcit este constituit din mici elipsoide cu revoluții aplatizate și îngrămădite unele peste altele în așa fel, încît centrul lor formează o rețea romboedrică, al cărei ochi are forma romboedrului de clivaj al calcitei. Această concepție nu este prea îndepărtată de cea pe care o întîlnim cu un secol mai tîrziu la Haüy.

Născut la Brugges, Anselme Boëce de Boodt (1550?— 1632) a fost chemat în 1604 la Curtea Boemiei ca medic și expert în pietre prețioase al împăratului Rudolf al II-lea. Cît timp a stat la Praga, Boëce și-a scris lucrarea *Historia gemmarum et lapidum*, care apare în 1609 la Hanau, în același an în care Kepler, aflat și el în slujba împăratului, își publică lucrarea despre legile mișcării planetelor.

În această carte, Boëce de Boodt tratează despre pietrele prețioase și pietrele fine, ca și despre un mare număr de alte minerale și roci. El descrie amănunțit proprietățile lor, zăcămintele, folosirea lor și insistă asupra importanței *experienței*, care i-a permis să demonstreze numeroase proprietăți fizice și minerale. Boëce de Boodt distinge cinci trepte de duritate a rocilor: argile întărite, pietre moi, pietre dure, ale căror muchii pot să taie, pietre care sînt prelucrate cu ajutorul emerilor și cele care nu pot fi tăiate decît cu diamantul. Se pare că Boëce de Boodt este primul mineralog care tratează probleme de *optică*, deși niciodată nu le rezolvă. El studiază cu multă grijă diamantul, rubinul, granatul, safirul, opalul, smaraldul, topazul, cuarțul (ale cărei varietăți le distinge după culoare), coralele și perlele. El creează numele de *nefrit*, citînd exemple de utilizări terapeutice a pietrelor prețioase. Tot el descrie un număr de fosile și de roci, în total 647 de elemente, ceea ce înseamnă mult pentru epoca aceea. Lucrarea lui s-a bucurat de un mare succes; reeditată în anii 1638, 1647 și 1649, ea a fost tradusă în limba franceză în 1644 sub titlul de *Le parfait joaillier, ou Histoire des pierreries...*

MARILE COLECȚII GEOLOGICE. Natura însăși a fosilelor nu a fost întotdeauna înțeleasă, dar existența și varietatea lor au atras atenția, stimulînd ideea recoltării și a colecționării lor. Ele vor deveni ulterior obiecte de studiu și subiecte ale unor importante publicații.

Începînd din această epocă, devine clar faptul că rocile și fosilele nu vor putea fi studiate decît avînd la dispoziție alte colecții pentru comparații, precum și publicații descriptive bogat ilustrate. Se pare că prima colecție al cărei catalog a văzut lumina tiparului a fost aceea a lui Johann Kentmann (1518—1574). Clasificarea sa se sprijinea pe sistemul lui Agricola. Kentmann ne dă o schiță a încăperii în care își păstrează colecția și pe care o denumește: *arca rerum fossilium*[1].

Italia este țara în care au luat ființă primele mari colecții geologice. Dintre acestea, pe primul loc trebuie citată aceea a Vaticanului, creată de papa Sixtus al V-lea. Catalogul acestei colecții, întocmit în 1574, nu a fost publicat decît în 1719. M. Mercati ne-a lăsat o lecție de anatomie comparată (involuntar) așezînd alături, în desenele sale, „glosopterele" și un maxilar deschis de rechin, pentru a arăta identitatea *formei*, dar *fără să fi înțeles el însuși* că este o identitate de *natură*.

[1] Termenul de *Museum* (muzeu), atribuit pentru prima oară Casei muzelor din Alexandria în secolul al III-lea î.e.n. (cf. *Histoire générale des sciences*, vol. I, pp. 310—312), desemna un fel de *academie*. Numai în secolul al XVI-lea, acest termen a fost folosit pentru o colecție de monede, în ciuda protestelor lingviștilor din acea epocă. — *N.A.*

O altă mare colecție a fost aceea a lui Ulisse Aldrovandi, catalogată și etichetată cu multă grijă, după cum ne-o mărturisește Misson, care a vizitat-o în 1668, cînd a putut vedea și catalogul ei în 187 de volume. Lucrarea lui Aldrovandi *Musaeum métallicum* a fost publicată de Ambrosini în 1648, iar colecția a fost transferată la Muzeul din Bologna. Un al treilea muzeu important este *Calceolarius* din Verona, organizat de Francesco Calzolari (1522—1609), unde se găsesc mai multe cataloage.

În Anglia, primul catalog important se pare că a fost acela al colecției lui John Tradescant, alcătuit în 1656. Printre obiectele păstrate se citează mai cu seamă bucăți de lemn piritizat, apoi ilex petrificat provenind din Loch Ness. Colecția, expusă întîi la Lambeth, a fost transferată în 1683 la Ashmolean Museum din Oxford (dar astăzi nu mai există, ca și colecțiile lui Lhuyd și Plot). Universitatea din Cambridge, mai norocoasă, a păstrat colecția lui John Woodward. Pe de altă parte, Royal Society intră în posesiunea colecției lui Robert Hubert (*alias* Forges), al cărei catalog a fost publicat în 1664.

Muzeul Național Britanic a luat ființă la propunerea lui Robert Hooke, care insista asupra utilității marilor colecții:

„Nu numai că descrierea speciilor de cochilii și de pești pe care o fac naturaliștii nu este completă, scria el, dar și descrierea multor altor lucruri... Ar fi de dorit să se poată instala într-un *Repository* o colecție atît de completă, pe cît ar fi posibil, a tuturor varietăților corpurilor naturale care ar putea fi culese, în așa fel încît curioșii să poată veni să se folosească de ele, să le dea tîrcoale și să citească în cartea Naturii... Cu acest prilej, doresc fierbinte ca în acest *Repository* să fie plasată și o colecție pe cît posibil mai completă de cochilii fosile și de petrificații."

Hooke întrezărea fundarea a ceea ce va deveni mai tîrziu British Museum (Natural History) și începînd din 1676, el s-a gîndit să-l instaleze în Montagu House, la Bloombury. A fost organizată o loterie pentru finanțarea cumpărării imobilului și instalarea noului stabiliment. *Repository* de la Royal Society a putut fi transferată la noul muzeu în 1781. Adevăratul fondator al lui British Museum a fost Sir Hans Sloane, care lasă statului ca legat imensele sale colecții și 20 000 de lire sterline pentru păstrarea lor.

NOTĂ. Cercetările privind preistoria și protoistoria ținuturilor noastre au arătat că în epoca bronzului confecționarea de obiecte din cuprul extras atît din regiunea Munților Apuseni, cît și de la sud de Carpați, cunoștea o remarcabilă dezvoltare. Se presupune că și aurul se exploata în acele vremuri, după cum atestă prezența unor ciocane de piatră găsite în vechile exploatări din regiunea Brad.

Marele istoric și enciclopedist grec Herodot, care a însoțit pe Darius Histaspes în expediția făcută la nord de Dunăre, ne vorbește despre tribul scitic al agatirșilor, mari maeștri aurari, și notează faptul că principalul obiectiv al acestei acțiuni militare fusese cucerirea regiunilor aurifere, așa cum se va întîmpla de altfel și peste secole, cînd romanii vor ataca, din aceleași motive, Dacia. Herodot descrie galerii și puțuri miniere cu deschidere mică — recunoscute și în urma cercetărilor recente —, în care se intro-

duceau copii spre a scoate cuarţul aurifer. Se pare că fenicienii şi grecii cunoşteau şi negociau pe scară întinsă aurul scitic şi nu este exclus ca „lîna de aur" a Colhidei, după care pornise legendara expediţie a argonauţilor, să fie un termen ce se referea la stofa de lînă cu care aurarii acelor vremuri, ca şi băştinaşii timpurilor mult mai recente, scoteau aurul din aluviuni. De altfel, toponimia păstrează amprenta elină, numele Crişului, de exemplu, trăgîndu-se după unele accepţii, de la grecescul hrusos — aur.

Activitatea extractivă a geto-dacilor este cunoscută în toată lumea antică şi este suficient să menţionăm că prada de război luată de romani, după pacificarea Daciei, se evaluează la circa 165 000 kg de aur şi circa 330 000 kg de argint, bogăţie care a justificat scutirea populaţiei romane de biruri.

Sub stăpînirea romană exploatarea aurului se făcea cu sclavi, în galerii lucrate cu ciocanul şi dalta, foarte rezistente şi cu mult mai durabile decît cele executate mai tîrziu cu explozivi. Abrudul (Abrudionul dacic sau Alburnus minor la romani), Roşia Montană (Alburnus major), Zlatna (Ampellum) se numără printre cele mai importante centre de extracţie auro-argentiferă ale antichităţii romane. Tablele cerate găsite la Roşia Montană dau amănunte preţioase privind organizarea şi tehnica mineritului în acel timp.

Paralel cu exploatarea aurului, din regiunile noastre miniere se extrăgeau şi celelalte metale fixate în minereurile complexe, dintre care cel mai de seamă a fost cuprul, extracţie de altfel începută încă din epoca bronzului. Aristotel vorbeşte despre minereul de cupru extras de sciţii carpatici, iar mai tîrziu Stephanus Bizantinus menţionează printre altele şi vechea denumire a Băii de Aramă (Colchis).

Influenţei celtice în Dacia — se admite de către unii cercetători — i s-ar fi datorat în primul rînd arta extracţiei, „epoca" fierului scitic situîndu-se în intervalul dintre anii 700 şi 300 î.e.n. Vechile cuptoare din Banat şi Hunedoara, obiectele, banii şi mai ales armele găsite, precum şi o inscripţie aflată pe un bloc de marmură de la Teliuc vorbesc despre prelucrarea fierului în antichitate în părţile Daciei, cît şi despre distrugerea vechilor lucrări la retragerea romanilor.

Demnă de amintit este de asemenea extragerea sării de către sciţi, greci şi apoi de romani. Principalele saline se găseau în Transilvania.

În evul mediu şi în evul modern (prin secolul al XVII-lea) documentele, cronicile şi menţiunile pe care le fac călătorii străini indică în acest interval o avansată dezvoltare a industriei extractive, precum şi o aleasă cunoaştere a meşteşugurilor legate de ea. Obiectele, armele, monedele şi medaliile permit urmărirea unei industrii în plină evoluţie. Ştiinţa extracţiei metalelor este pe primul plan. Fierul din regiunea Teliuc-Ghelar constituia principalul produs pentru confecţionarea armelor, mai ales sub Ioan şi Matei Corvin de Hunedoara.

Extracţia aurului, argintului şi a altor metale neferoase ia o mare dezvoltare începînd încă din secolul al XII-lea, atît în Munţii Apuseni, cît şi în perimetrul minier Baia Mare. Secolele XIII şi XIV marchează deschiderea principalelor mine din regiune, oraşul Baia Mare devenind „oraş minier" în anul 1517. Regiunea Baia Mare sau Mina Săsarului este cunoscută în secolul al XII-lea şi sub denumirea de „Rivulus Dominarum", datorită faptului că „regina cu servele ei" spălau aluviunile aurifere din care extrăgeau metalul preţios. Pe de altă parte, extracţia sării constituia una dintre cele mai de seamă preocupări miniere. Sarea ia drumul către cele mai de seamă pieţe din Europa, iar termenul de „drumul sării" apare frecvent, denumind căile de export ale acestui preţios produs.

Din secolul al XVII-lea datează primele indicații privind extracția petrolului (păcurii) din Moldova, după documente, precum și după notele de călătorie ale unui călugăr catolic pe nume Bandinni (1646). Din secolul al XVI-lea datează primele informații asupra petrolului din Muntenia.

Deosebit de importante pentru seismologia acestor meleaguri sînt însemnările unor cronicari, ca Simion Dascălu (1471), sau Neculce care menționează cutremurul din anul 1679.

Tot din secolul al XVII-lea datează însemnările despre unele lucrări miniere, cum sînt cele de la Baia de Aramă, pentru exploatarea cuprului, făcute de diaconul Paul din Alep care vizitează Muntenia și rămîne cîtva timp în București, însoțind pe patriarhul Antiohiei, Macarie. — *C.V.P.*

BIBLIOGRAFIA PĂRŢII A DOUA (SECOLUL AL XVII-lea)

LUCRĂRI CU CARACTER GENERAL

R. MOUSNIER, *Histoire générale des civilisations*, ed. a 5-a, vol. IV, *Secolele XVI şi XVII*, Paris, 1967.
H. HAUSER, *La prépondérance espagnole (1559-1660)*, ed. a 3-a, în colecţia „Popoare şi civilizaţii", Paris, 1948.
PH. SAGNAC şi A. DE SAINT-LÉGER, *Louis XIV (1660-1715)*, ed. a 3-a, în colecţia „Clio", Paris, 1949.
E. PRÉCLIN şi V.L. TAPIÉ, *Le XVIIe siècle*, ed. a 2-a, în colecţia „Clio", Paris, 1949.
R. MANDROU, *La France aux XVIIe et XVIIIe siècles*, în colecţia „Nouvelle Clio", Paris, 1967.
R. GROUSSET şi E.-G. LÉONARD, ed., *Histoire universelle*, vol. III: *De la réforme à nos jours*, Paris, 1958.
P. CHAUNU, *La civilisation de l'Europe classique*, Paris, 1966.
F. BRAUDEL, *Civilisation matérielle et capitalisme*, vol. I, Paris, 1967.
B. WILLEY, *The Seventeenth Century Background*, Cambridge, 1934.
F.L. CARSTEN, *The Ascendancy of France (1648-1688)*, Cambridge, 1961 („The new Cambridge modern history", t. 5).
H.A. PR. SMITH, *History of Modern Culture*, 2 vol., New York, 1930-1934.
R.K. MERTON, *Science Technic and Society in Seventeenth Century* („Osiris", t.4, 1938).

LUCRĂRI PRIVIND ŞTIINŢELE ÎN ANSAMBLU

Lucrări citate de DAUMAS, CLAGETT, CROMBIE, GUNTHER, HALL, MIELI-PAPP şi BABINI (vol. V la VII), POGGENDORFF, RUSSO, SARTON, WOLF, KOYRÉ.
H. BUTTERFIELD, *The Origins of Modern Science*, London, 1949.
H. PLEDGE, *Science since 1500*, ed. a 2-a, London, 1966.
F. ENRIQUES şi G. DE SANTILLANA, *Compendio di storia del pensiero scientifico*, Bologna, 1948.
M. BOLL şi alţii, *La science, ses progrès et ses applications*, vol. I, ed. a 2-a, Paris, 1950.
G. HANOTAUX, ed., *Histoire de la nation française*, vol. XIV şi XV, Paris, 1924, *(Istoria ştiinţelor* de E. PICARD, H. ANDOYER, P. HUMBERT, CH. FABRY, A. COLSON, M. CAULLERY)
R. LENOBLE şi alţii, *Ştiinţele secolului al VII-lea* („Revista secolului al XVII-lea", ianuarie 1956).
S. F. MASON, *Histoire des sciences*, Paris, 1956.
A.R. HALL, *From Galileo to Newton, 1630-1920*, London, 1963.

VIAŢA ŞTIINŢIFICĂ

M. DAUMAS, în *Histoire de la Science*, Paris, 1957.
M. ORNSTEIN, *The Role of Scientific Societies in the Seventeenth Century*, ed. a 3-a, Chicago, 1938.
H. BROWN, *Scientific Organizations in Seventeenth Century France*, Baltimore, 1934.
TH. BIRCH, *History of the Royal Society of London*, reed., 4 vol., New York, 1967.
SIR H. LYONS, *The Royal Society, 1660-1940*, Cambridge, 1944.
D. STIMSON, *Scientists and Amateurs. A History of the Royal Society*, New York, 1948.
E. MAINDRON, *L'Académie des Sciences*, Paris, 1888.
* * * *Histoire et prestige de l'Académie des Sciences (1666-1966)*, Paris, 1966.
INSTITUT DE FRANCE, ACADÉMIE DE SCIENCE, *Troisième centenaire*, 1666-1966, 2 vol., Paris, 1967.

A. FAVARO, *Documenti per la storia dell'Accademia dei Lincei* („Bull. di bibl. e di storia delle scienze...", vol. XX, 1887).
Archives du Muséum d'histoire naturelle, volumul Tricentenarului, Paris, 1935.

MONOGRAFII

A. CARLI și A. FAVARO, *Bibliografia galileiana*, Roma, 1896.
G. BOFFITO, *Bibliografia galileiana, 1896-1940*, Roma, 1943.
E. GENTILI, *Bibliografia galileiana... (1942-1964)*, Varese, 1966.
F. S. TAYLOR, *Galileo and the Freedom of Thought*, London, 1928.
A. KOYRÉ, *Études galiléennes*, ed. a 2-a, Paris, 1966.
IDEM, *Galilée et la révolution scientifique du XVIIe siècle*, Paris, 1955.
G. ABETTI, *Amici e nemici di Galileo*, Milano, 1945.
G. DE SANTILLANA, *Le procès de Galilée*, Paris, 1955.
GALILEO GALILEI, *Sidereus nuncius*, trad. fr., Paris, 1964.
IDEM, *Dialogues et lettres choisies*, Paris, 1966.
L. GEYMONAT, *Galileo Galilei*, ed. a 2-a, Torino, 1962.
* * * *Alti del Symposium internationale...* Galileo..., Vinci, 1967.
* * * *Galilée. Aspects de sa vie et de son oeuvre*, Paris, 1968.
E. MC. MULLIN, ed., *Galileo Man of Science*, New York, 1967.
P. -M. SCHUHL, *La pensée de Bacon*, Paris, 1949.
R.W. GIBSON, *A Bibliography of Bacon's Works and of Baconiana...* Oxford, 1950.
H.F. ANDERSON, *Bibliography of Francis Bacon*, Chicago, 1948.
I. BEECKMAN, *Journal*, editat de C. de Waard, 4 vol., Haga, 1939-1953.
M. MERSENNE, *Harmonie universelle*, Paris, 1636; reed. Paris, 1961.
IDEM, *Les mécaniques du Galilée*, Paris, 1634; reed. 1966. *Correspondance de P. Marin Mersenne*, editată de C. de Waard, 10 vol., Paris, 1933-1967.
R. LENOBLE, *Mersenne ou la naissance du mécanisme*, Paris, 1943.
PIERRE GASSENDI, *Opera Omnia*, 6 vol., Lyon, 1658; reed. Stuttgart, 1964.
* * * *Pierre Gassendi*, Paris, 1955.
Tricentenaire de Pierre Gassendi, Paris, 1957.
CH. ADAM, *Descartes, sa vie et son oeuvre*, Paris, 1910.
G. MILHAUD, *Descartes, savant*, Paris, 1921.
E. GILSON, *Le rôle de la pensée médiévale dans la formation du système cartésien*, Paris, 1930.
J.F. SCOTT, *The Scientific Work of René Descartes*, London, 1952.
A. VON BRAUNMÜHL, *Christopher Scheiner...*, Bamberg, 1891.
P. HUMBERT, *Un amateur, Peiresc*, Paris, 1933.
IDEM, *L'oeuvre scientifique de Blaise Pascal*, Paris, 1947.
A. MARRE, *L'oeuvre scientifique de Pascal*, Paris, 1912.
* * * *L'oeuvre scientifique de Pascal*, Paris, 1964.
A. R. HALL, ed., *The Correspondence of Henry Oldenburg*, 5 vol., Madison, 1965-1968.
H. GOUHIER, *La philosophie de Malebranche*, Paris, 1928.
L. BLOCH, *La philosophie de Newton*, Paris, 1908.
F. CAJORI, *Sir Isaac Newton*, London, 1928.
E.A. BURTT, *The Metaphysics of Sir Isaac Newton*, London, 1925.
L.T. MORE, *Newton*, London, 1934.
R. BABSON și doamna, *A Descriptive Catalogue... of the Works of Sir Isaac Newton...*, New York, 1950.
E.N. da C. ANDRADE, *Isaac Newton*, London, 1954.
* * * *The Correspondence of Isaac Newton*, editată de H.W. Turnbull, 4 vol., London, 1959-1967.
Y. BELAVAL, *Leibniz critique de Descartes*, Paris, 1960.

MATEMATICĂ

Lucrări citate de BECKER şi HOFMANN, BOURBAKI, BOUTROUX, BRAUNMÜHL, CAJORI, CANTOR (vol. II şi III), CHASLES, COOLIDGE, DEDRON şi ITARD, HOFMANN, KÄSTNER, LORIA, MONTUCLA, SMITH, TROPFKE, ZEUTHEN.

F.CAJORI, *A History of Mathematics*, ed. a 2-a, New York, 1919.

W.W.R. BALL, *Histoire des mathématiques*, 2 vol., Paris, 1928.

E.T. BELL, *The Development of Mathematics*, ed. a 2-a, New York, 1945.

R.C. ARCHIBALD, *Outline of the History of Mathematics*, ed. a 6-a, „Amer. Math. Monthly", 1949.

J.E. HOFMANN, *Geschichte der Mathematik*, 3 vol., Berlin, 1963.

J. F. SCOTT, *A History of Mathematics*, London, 1958.

L. BRUNSCHVICG, *Les étapes de la philosophie mathématique*, ed. a 4-a, Paris, 1947.

P. BOUTROUX, *L'idéal scientifique des mathématiciens*, ed. a 2-a, Paris, 1955.

D.T. WHITESIDE, *Pattern of Mathematical Thought in the later Seventeenth Century* („Archive for History of Exact Sciences", I, 3, Berlin, 1961).

P. SERGESCU, *Les recherches sur l'infini mathématique...*, Paris, 1949.

C.B. BOYER, *The Concept of the Calculus*, ed. a 2-a, New York, 1949.

L. GEYMONAT, *Storia e filosofia dell'analisi infinitesimale*, Torino, 1947.

L. E. DICKSON, *History of the Theory of Numbers*, 3 vol., Washington, 1923.

I. TODHUNTER, *History of the Mathematical Theory of Probabilities...*, Cambridge, 1865.

J.L. COOLIDGE, *History of Geometrical Methods*, Oxford, 1940.

IDEM, *A History of the Conic Sections and the Quadric Surfaces*, Oxford, 1945.

A. AMODEO, *Origine e sviluppo della geometria projettiva*, Napoli, 1939.

C. B. BOYER, *The History of Analytical Geometry*, New York, 1957.

P. TANNERY, *Mémoires scientifiques*, vol. 6, Paris, 1926.

H. BOSMANS, numeroase articole (listă în „Arch. int. hist. des sci.", t. 3, 1950).

F. RITTER, *François Viète*, Paris, 1895.

J. ITARD, *Pierre Fermat*, Basel, 1950.

G. KNOTT, ed., *Napier Tercentenary Memorial Volume*, London, 1915.

R. TATON, *L'oeuvre mathématique de G. Desargues*, Paris, 1951.

A. FAVARO, *B. Cavalieri*, Veneţia, 1915.

E. WALKER, *A Study in the „Traité des Indivisibles" of Roberval*, New York, 1932.

F. CAJORI, *William Oughtred*, Chicago, 1916.

P.H. OSMOND, *Isaac Barrow*, London, 1944.

J. F. SCOTT, *The Mathematical Work of J. Wallis*, London, 1938.

C.J. SCRIBA, *Studien zur Mathematik der John Wallis...*, Wiesbaden, 1966.

H.W. TURNBULL, *James Gregory*, London, 1939.

IDEM, *The Mathematical Discoveries of Newton*, London, 1945.

* * * *The Mathematical Works of Isaac Newton*, editat de D.T. Whiteside, 2 vol., New York, 1964-1967.

* * * *The Mathematical Papers of Sir Isaac Newton*, editat de D.T. Whiteside, 2 vol., Cambridge, 1967-1968.

I. NEWTON, *Principes mathématiques de la philosophie naturelle*, trad. de d-na du Châtelet, Paris, 1756; reéd. 1966.

IDEM, *La méthode des fluxions et des séries infinies*, trad. Buffon, Paris, 1740; reed. 1966.

LEIBNIZ, *Mathematische Schriften*, editat de Gerhardt, 7 vol., Berlin, 1849-1863; reed. 7 vol., Hildesheim, 1962.

IDEM, *Die philosophischen Schriften*, editat de Gerhardt, Berlin, 1875-80; reed. Hildesheim, 1960-61.

IDEM, *Briefwechsel mit Mathematikern*, Berlin, 1899; reed. Hildesheim, 1962.

J.E. HOFMANN, *Die Entwicklungsgeschichte der leibnizschen Mathematik...*, München, 1949.

*** *Der Briefwechsel von Johann Bernoulli*, I, Basel, 1953.

Opere de VIÈTE (Leiden, 1646), FERMAT (5 vol., Paris, 1891-1922), DESCARTES (12 vol., Paris, 1896-1911 în curs de reeditare), TORRICELLI (5 vol., FAENZA, 1919-1944), PASCAL (14 vol., Paris, 1908-14), HUYGENS (22 vol., Haga, 1888-1950).

MECANICĂ

Lucrări citate de DIJKSTERHUIS, DUGAS, DUHEM, JOUGUET, MACH, OLSCHKI.

R. DUGAS, *La mécanique au XVIIe siècle*, Paris, 1954.

E.A. BURTT, *The Metaphysical Foundations of Modern Physical Science*, ed. a 2-a, London, 1932.

E.W. STRONG, *A Study in Philosophy of Mathematical-Physical Science in the 16th and 17th Centuries*, Berkeley, 1931.

R. LENOBLE, *Mersenne et la naissance du mécanisme*, Paris, 1942.

M. BOAS, *Establishment of the Mecanical Philosophy* („Osiris", t. 10, 1952).

E.T. BELL, *Christian Huygens and the Development of Science in the 17th Century*, London, 1947.

I. TODHUNTER, *A History of the Theory of Elasticity*, 2 vol., Cambridge, 1893.

A. KOYRÉ, *Études galiléennes*, Paris, 1939; ed. a 2-a, 1966.

IDEM, *Études newtoniennes*, Paris, 1968.

IDEM, *A Documentary History of the Problem of Fall from Kepler to Newton*, Philadelphia, 1955.

C. DE WAARD, *L'expérience barométrique*, Thouars, 1936.

W.E.K. MIDDLETON, *History of the Barometer*, Baltimore, 1964.

M. GUÉROULT, *Métaphysique de la force chez Descartes et chez Malebranche* („Rev. de métaph. et de morale", 1954).

IDEM, *Dynamique et métaphysique leibniziennes*, Paris, 1934.

P. COSTABEL, *Leibniz et la dynamique*, Paris, 1960.

F. ROSENBERGER, *Newton und seine physikalischen Principien*, Leipzig, 1895.

ASTRONOMIE

Lucrări citate de BERTRAND, DELAMBRE, DREYER, JOHNSON, KOYRÉ, ZINNER.

PINGRÉ, *Annales célestes du XVIIe siècle*, Paris, 1901.

BAILLY, *Histoire de l'astronomie moderne*, 3 vol., Paris, 1785.

J. LALANDE, *Bibliographie de l'astronomie*, Paris, 1803.

J. C. HOUZEAU și A. LANCASTER, *Bibliographie générale de l'astronomie*, 2 vol., Bruxelles, 1882-1889.

E. DOUBLET, *Histoire de l'astronomie*, Paris, 1922.

F. BOQUET, *Histoire de l'astronomie*, Paris, 1924.

G. BIGOURDAN, *L'as ronomie. Évolution des idées et des méthodes*, Paris, 1931.

H. MACPHERSON, *Makers of Astronomy*, Oxford, 1933.

G. ABETTI, *Storia dell'astronomia*, Florența, 1946 (trad. engl., New York, 1952).

A. KOYRÉ, *La gravitation universelle de Kepler à Newton*, Paris, 1951.

IDEM, *La révolution astronomique. Copernic, Kepler, Borelli*, Paris, 1961.

A. DANJON, și A. COUDER, *Lunettes et télescopes*, Paris, 1935.

H.C. KING, *The History of Telescope*, London, 1956.

C. ANDRÉ și G. RAYET, *L'astronomie pratique et les observatoires... depuis le milieu du XVIIe siècle*, 5 vol., Paris, 1874-1881.

C. WOLF, *Histoire de l'Observatoire de Paris*, Paris, 1902.

G. BIGOURDAN, *Histoire de l'astronomie d'observation et des Observatoires en France*, 2 vol., Paris, 1918-1930.

H. SPENCER-JONES, *The Royal Observatory Greenwich*, London, 1943. Observatoire de Paris, *Trois siècles d'astronomie (1667-1967)*, Paris, 1967.

P. HUMBERT, *Les astronomes français de 1610 à 1667*, Draguignan, 1942.

J.A. REPSOLD, *Zur Geschichte der astronomischer Messwerkzeuge*, 2 vol., Leipzig, 1908—1914.

E. ROSEN, ed., *Kepler's Conversation with Galileo's Sideral Messenger*, New York — London, 1965.

Operele lui Galilei (20 Florența, 1890-1909; în curs de reeditare), ale lui *Kepler* (8 vol., Frankfurt, 1858-1870, ediție nouă în curs de publicare, München, 1938); ediția

engleză *Dialogo* de GALILEI (Chicago, 1953; Berkeley, 1953); *Principiile* lui NEWTON (Berkeley, 1946); ed. franc. a *Principiilor* (Paris, 1756 şi 1967).
M. CASPAR, *J. Kepler*, Stuttgart, 1948.

FIZICA

Lucrări citate de POGGENDORFF, GERLAND şi TRAUMÜLLER, LASSWITZ, ROSENBERGER.

E. HOPPE, *Histoire de la physique*, Paris, 1928.
F. CAJORI, *History of Physics*, ed. a 2-a, New York, 1929.
W.F. MAGIE, *A Source Book in Physics*, New York, 1935.
H. VOLKRINGER, *Les étapes de la physique*, Paris, 1929.
R. CAVERNI, *Storia del metodo sperimentale in Italia*, 6 vol., Florenţa, 1891-1900.
P. MOUY, *Le développement de la physique cartésienne*, Paris, 1934.
M. DAUMAS, *Les instruments scientifiques au XVIIe et XVIIIe siècles*, Paris, 1953.
CH. SINGER, E. J. HOLMYARD şi A.R. HALL, *A History of Technology*, vol. III: 1400-1650, Cambridge, 1957.
A.P. USHER, *A History of Mechanical Inventions*, ed. a 2-a, Harvard, Unit. Press, 1954.
L.T. MORE, *Life and Works of... Robert Boyle*, New York, 1944.
J. F. FULTON, *Bibliography of Robert Boyle*, ed. a 2-a, London, 1954.
R. BOYLE, *The Works*, 6 vol., London, 1772; reed. Hildesheim, 1965-1966.
M. ESPINASSE, *Robert Hooke*, London, 1956.
H.W. ROBINSON şi W. ADAMS, *The diary of Robert Hooke, 1672-1680*, London, 1935.
R. HOOKE, *Micrographia*, London, 1665; reed. London, 1964.
I.B. COHEN, ed., *Isaac Newton, Papers and Letters on Natural Philosophy*, Cambridge, 1958.

OPTICA

J. PRIESTLEY, *History and Present State of Discoveries Relating to Vision, Light and Colours*, 2 vol., London, 1772.
E. VERDET, *Leçons d'optique physique*, 2 vol., Paris, 1869-1870.
D. N. MALLIK, *Optical Theories*, ed. a 2-a, Cambridge, 1917.
E. HOPPE, *Geschichte der Optik*, Leipzig, 1926.
C.E. PAPANASTASSIOU, *Les théories sur la mature de la lumière de Descartes à nos jours*, Paris, 1935.
C. PILA, *El enigma de la luz*, Buenos Aires, 1949.
V. RONCHI, *Histoire de la lumière*, Paris, 1956.
IDEM, *Galileo e il cannochiale*, Udine, 1942.
R. SAVELLI, *Nel terzo centenario del* „De lumine" di F.M. Grimaldi, Florenţa, 1966.
I.B. COHEN, *Roemer and the First Determination of the Velocity of Light*, („Isis", t. 31, 1943).
I. NEWTON, *Opticks*, London, 1704 (reed. New York, 1952; trad. fr., Paris, 1720; reed. Paris, 1955).
E. R. THOMAS, *Newton and the Origin of Colours*, London, 1934.
K.J.A. HALBERTSMA, *A History of the Theory of Colours*, Amsterdam, 1949.
R.S. CLAY şi T.H. COURT, *The History of the Microscope*, London, 1932.
ED. FRISON, *L'évolution de la partie optique du microscope*, Leiden, 1954.
M. ROOSEBOOM, *Microscopium*, Leiden, 1956.

MAGNETISM ŞI ELECTRICITATE

J. PRIESTLEY, *History and Present State of Electricity...*, London, 1767, trad. fr. Paris, 1771.
M. SIGAUD DE LAFOND, *Précis historique et experimental des phénomènes électriques*, Paris, 1781.

TH. MARTIN, *La foudre et le magnétisme chez les Anciens*, Paris, 1866.
E. SARTIAUX și M. ALIAMAT, *Principales découvertes et publications concernant l'électricité*, Paris, 1903.
P.F. MOTTELEY, *Bibliographical History of Electricity and Magnetism*, London, 1922
E. HOPPE, *Geschichte der Elektrizität*, Leipzig, 1884.
D.M. TURNER, *Makers of Science: Electricity and Magnetism*, Oxford, 1927.
J. DAUJAT, *Origine et formation des théories de l'électricité et du magnétisme*, Paris, 1947.
M. GLIOZZI, *L'elettrologia fine al Volta*, 2 vol., Napoli, 1947.
E. BAUER, *L'électromagnétisme hier et aujourd'hui*, Paris, 1949.
E.T. WITTAKER, *History of the Theories of Aether and Electricity*, ed. a 2-a, 2 vol., Edinburgh, 1951-1953.
D.H.D. ROLLER, *The „De Magnete" of William Gilbert*, Amsterdam, 1956.
J. SMOLKA, *Otto de Guerike et son rôle dans l'histoire de l'électricité* („Acta hist. rer. matur. necn. techn.", 2, 1966).

CHIMIE

Lucrări citate de CROSLAND, DELACRE, DUVEEN, FERGUSON, FIERZ-DAVID, HOLMYARD, JAGNAUX, LEICESTER și KLICKSTEIN, VON LIPPMANN, OSTWALD.

J.R. PARTINGTON, *A Short History of Chemistry*, London, 1948.
H. METZGER, *La Chimie*, Paris, 1930.
IDEM, *Les doctrines chimiques en France du début du XVIIe siècle à la fin du XVIIIe siècle*, Paris, 1923.
IDEM, *La genèse de la science des cristaux*, Paris, 1918.
F. SZABADVARY, *History of Analytical Chemistry*, London, 1966.
H. DE WAELE, *J. B. van Helmont*, Bruxelles, 1948.
T.S. PATTERSON, *J. Mayow's Contribution to the History of Respiration and Combustion* („Isis", t. 15, 1931).
M. BOAS, *Robert Boyle...*, Cambridge, 1968.
G.E. STAHL, *Oeuvres médico-philosophiques*, t. 2 pînă la 6, Paris, 1859-1865.

BIOLOGIE

Lucrările citate, de GANGUILHEM, CAULLERY, LOCY, MENDELSOHN, NORDENSKIÖLD, RADL, RAVEN, ROSTAND, SINGER.

G. CUVIER, *Histoire des sciences naturelles*, 5 vol., Paris, 1831-1845.
J. METZLER, *Niels Steensen*, Copenhaga, 1928.
E. GUYÉNOT, *Les sciences de la vie au XVIIe et XVIIIe siècles*, ed. a 2-a, Paris, 1956.
M. CAULLERY, *La biologie au XVIIe siècle* („XVIIe siècle", ian. 1956).
G. SCHERZ, *Nicolaus Steno and his Indice*, Copenhaga, 1958.
IDEM, *Pionier der Wissenschaft, Niels Stensen in seinen Schriften*, Copenhaga, 1963.
IDEM, *Niels Stensen...*, Stuttgart, 1964.

ZOOLOGIE

Lucrări citate de ANKER, BOUVIER, CARUS, DELAUNAY, HALL, LOISEL, NISSEN, PETIT și THÉODORIDÈS.

C. DOBBEL, *Antony van Leeuwenhoek and His „Little Animals"*, London, 1932.
J. ROSTAND, *L'évolution des espèces. Histoire des idées transformistes*, Paris, 1932.
F.J. COLE, *Leeuwenhoek's Zoological Researches* („Ann. of Sci.", I, 1937, 1-46).
A. SCHIERBEECK, *The Collected Letters of A. van Leeuwenhoek*, 8 vol., 1939-1967.
M.F.A. MONTAGU, *Edward Tyson*, Philadelphia, 1943.
G.R. DE BEER, *Hans Sloane and the British Museum*, London, 1953.
L. BELLONI, *Francesco Redi biologo*, Pisa, 1958.
W. HARVEY, *De motu locali animelium*, ed. Whiterridge, London, 1959.

A. SCHIERBEECK, *Measuring the Invisible World; the Life and Works of Antoni van Leeuwenhoek*, London—New York, 1959.
H. P. ADELMANN, *Marcello Malpighi and the Evolution of Embryology*, 5 vol., Itaka (N.Y.), 1966.
J. THÉODORIDÈS, *Les grandes étapes de la parasitologie* („Clio Medica", I, 1966, pp. 129-145, 185-208).

ANATOMIE ȘI FIZIOLOGIE ANIMALĂ

Lucrări citate de CHOULANT, FOSTER, HERRLINGER și KUDLIEN, ROTHSCHUH, SINGER.

F.F. COLE, *Early Theories of Sexual Generation*, Oxford, 1930.
J.F. FULTON, *Selected Readings in the History of Physiology*, Springfield, 1930.
IDEM, *A Bibliography of the Writings of W. Harvey*, ed. a 2-a, Cambridge, 1953.
G. CANGUILHEM, *La formation du concept de réflexe au XVII et XVIII siècles*, Paris, 1955.
CH. SINGER, *The discovery of the Circulation of the Blood*, London, 1956.
L. CHAUVOIS, *William Harvey*, Paris, 1957.
W. PAGEL, *William Harvey's Biological Ideas...*, Basel— New York, 1967.

MEDICINĂ

Lucrări citate de BARIÉTY și COURY, CASTIGLIONI, DAREMBERG, DELAUNAY, DIEPGEN, GARRISON și MORTON, KING, LAIGNEL-LAVASTINE, SINGER și UNDERWOOD, SPRENGEL, SUDHOFF.

A. PORTAL, *Histoire de l'anatomie et de la chirurgie*, 6 vol., Paris, 1770.
TH. DE BORDEU, *Histoire de la médecine*, în *Oeuvres complètes*, vol. II, Paris, 1818.
M. RAYNAUD, *Les médecins au temps de Molière*, Paris, 1863.
P. PIC, *Guy Patin*, Paris, 1911.
P. LECÈNE, *L'évolution de la chirurgie*, Paris, 1923.
F.R. PACKARD, *Guy Patin and the Medical Profession in Paris, in the Seventeenth Century*, New York, 1925.
W. PAGEL, *Johannes Baptista van Helmont, Einführung in die philosophische Medizin des Barocks*, Berlin, 1930.
L. REUTTER DE ROSEMONT, *Histoire de la pharmacie*, 2 vol., Paris, 1931.
J. LEVY-VALENSI, *La médecine et les médecins en France au XVIIe siècle*, Paris, 1933.
E. KREMERS și G. URDANG, *History of Pharmacy*, Philadelphia, 1940.
E.-H. Guitard, Manuel d'histoire de la littérature pharmaceutique, Paris, 1942.
J. GUIART, *Histoire de la médecine française*, Paris, 1947.
K. DEWHURST, *Dr. Thomas Sydenham*, London, 1966.
P. HUARD et M.D. GRMEK, *La chirurgie moderne. Ses débuts en Occident: XVIe, XVIIe et XVIIIe siècles*, Paris, 1968.

BOTANICĂ

Lucrări citate de ARBER, BLUNT, DAVY DE VIRVILLE, GREEN, JESSEN, MEYER, MÖBIUS, NISSEN, REED, SACHS.

F.W. OLIVER, *Makers of British Botany*, Cambridge, 1913.
C.E. RAVEN, *John Ray Naturalist*, ed. a 2-a, London, 1950.
R. HEIM și alții, *Tournefort*, Paris, 1957.

ȘTIINȚELE PĂMÎNTULUI

Lucrări citate de ADAMS, GEYKIE, VON GROTH, KOBELL, DE MARGERIE, MATHER și MASON, MEUSNIER, ZITTEL.

M. DAUBRÉE, *Descartes, l'un des créateurs de la cosmologie et de la géologie* („Journal des savants", 1880).

R. LENOBLE, *La géologie au milieu du XVIIe siècle*, Paris, 1954.
J.G. GARRET, *The Prodromos of Nicolaus Steno's Dissertation...* („Univ. Michigan studies", hum. ser., 1916, vol. XI).
C. PÉCAUT, *L'oeuvre géologique de Leibniz* („Rev. gén. des sci.", 1951).
R. FURON, *La paléontologie*, ed. a 2-a, Paris, 1951.
W.N. EDWARDS, *Guide to an Exhibition Illustrating the Early History of Palaeontology*, London, 1931.
J. E. HILLER, *Boèce de Boodt, précurseur de la minéralogie moderne* („Ann. Guébard-Séverine", 1935).

PARTEA A TREIA
SECOLUL AL XVIII-LEA

În mai puțin de un secol, de la publicarea lucrării *De magnete* a lui Gilbert (1600) și pînă la publicarea lucrării *Principia* a lui Newton (în anul 1687), înfățișarea științei s-a schimbat atît de profund, încît a devenit aproape de nerecunoscut. Dar, departe de a secătui gustul pentru cercetare, imensitatea progreselor realizate, creînd o încredere deplină în valoarea explicativă și în puterea practică a științei, îndeamnă la noi lucrări și la noi descoperiri. De altfel, întinderea domeniilor noi este atît de importantă, încît sectoare vaste rămîn, dacă nu de explorat, cel puțin de exploatat în mod sistematic.

Astfel, secolul al XVIII-lea se deschide într-un climat de optimism. În curînd, majoritatea suveranilor din Europa vor rivaliza în fundarea și întreținerea de academii, permițînd astfel unui mare număr de savanți — cosmopoliți de bunăvoie — să lucreze într-o liniște relativă. Cu toate acestea, știința va participa în mod activ la mișcarea filozofică a secolului luminilor și la pregătirea intelectuală a revoluției. Factor de netăgăduit al libertății spiritului, oare nu apare ea și enciclopediștilor și continuatorilor acestora ca un puternic agent al progresului, permițînd să se ajungă la o îmbunătățire rapidă a condițiilor de viață ale umanității? Viziune, fără îndoială, utopică, dar care, îmbinată cu prestigiul moștenit al marilor descoperiri ale secolului trecut și cu efervescența curiozității intelectuale, stîrnită de moda newtonismului și a fizicii experimentale, contribuie la o mai largă răspîndire a științei, și, prin aceasta, la o accelerare a progresului.

Sarcina esențială a matematicienilor secolului al XVIII-lea va fi aceea de a preciza, de a extinde, de a coordona și de a aplica descoperirile recente. Dezvoltarea calculului infinitezimal, precum și folosirea de instrumente noi: ecuațiile diferențiale, ecuațiile cu derivate parțiale, calculul variațiilor etc. vor permite construirea edificiului mecanicii cerești newtoniene, continuarea matematizării mecanicii și matematizarea acusticii și a hidrodinamicii.

Paralel cu acest efort pe plan teoretic, secolul al XVIII-lea este martorul unei măreți înfloriri a metodei experimentale, care, proslăvită deja de numeroși fizicieni ai secolului al XVII-lea, avusese de suferit de pe urma succesului cartezianismului. „Fizica experimentală" se va răspîndi din Anglia

și din Țările de Jos în diferite țări din Europa, unde va cunoaște o faimă extraordinară. Ascensiunea ei va coincide cu triumful definitiv al newtonismului asupra sistemului cartezian, transformat de multă vreme într-un puternic factor de rutină. Progresul spectaculos realizat în studiul electricității, al magnetismului, în cel al căldurii și al chimiei decurge din coexistența și interacțiunea acestor două curente, cel al gîndirii teoretice și cel al cercetării experimentale.

În timp ce științele Pămîntului abordează problemele fundamentale cu o mai mare libertate de spirit, științele vieții cunosc progrese rapide, datorită punerii la punct a unei metode naturale de clasificare, datorită numeroaselor lucrări descriptive și importantelor cercetări de fiziologie animală și vegetală, precum și interesului stîrnit de marile probleme ale originii și generației ființelor vii.

Astfel, cu toate că într-un mod poate mai puțin spectaculos, secolul al XVIII-lea continuă, pe căi adeseori originale, mărețul efort întreprins în secolul precedent, aducînd numeroase rezultate inedite, formulînd teorii rodnice și deschizînd cercetării orizonturi noi.

Secolul curiozității

„Cînd spun MARELE SECOL, mă refer la secolul al XVIII-lea..."; astfel sublinia Michelet preferința sa pentru o epocă care mai mult inventează decît ridică pe culmi. În Franța a trecut vremea poemelor tragice perfecte, a grădinilor desăvîrșite, iar monarhia absolută este în declin. A venit timpul dezbaterilor pasionate: în Europa, principii își caută inspirația mai degrabă în gîndire decît în discursuri, însușindu-și de la filozofi dacă nu modurile de acțiune, cel puțin gustul deliberării. Dar și Europa privește acum lumea cu alți ochi: aceasta nu mai este doar un tezaur de bogății care așteaptă să fie însușite, ci și unul de civilizații care trebuie înțelese.

LIMITELE SECOLULUI. Ce înseamnă secolul al XVIII-lea? Exact cei o sută de ani dintre 1700 și 1800? În Anglia el începe mai de timpuriu, probabil încă de la revoluția din 1688. În Rusia, el începe mai tîrziu, fără îndoială în 1763 o dată cu urcarea pe tron a Ecaterinei a II-a. Urmînd regula jocului, am putea înscrie anul 1740 pentru Germania (sau poate numai pentru Prusia lui Frederic al II-lea?) iar uzanța de a reține anul 1715 pentru Franța s-ar putea să fie, la urma urmelor, acceptabilă. Această alegere a datelor să fie oare pur arbitrară? Nici un raționament, fie el oricît de lung și de susținut cu „fapte", n-ar reuși să o justifice.

Secolul al XVIII-lea se trezește mai întîi în Anglia și în Franța. Dar ce înseamnă el în restul lumii? Singură America europeană, și mai cu seamă cea engleză trăiește după calendarul Europei. În rest, în China, în India — cu ceea ce mai rămăsese în ruine, din America indiană —, în Africa, civilizația pe baze științifice moderne încă nu se născuse.

Căci în adevăr, la știință trebuie să ne referim pentru a caracteriza secolul al XVIII-lea, dacă vrem să găsim ceva mai bun decît arbitrarul calendarului gregorian. Secolul luminilor? Un secol care caută o lumină nouă, care așteaptă de la spirit ceea ce, pînă atunci se așteptase de la suflet și care se îndîrjește împotriva religiei pentru a reclădi mai bine persoana umană, cu riscul de a distruge legăturile tradiționale care uneau, înainte, sensibilitatea cu meditația (ducînd la atîtea crize violente) și a căror îmbinare o forma credința, pentru ca în cele din urmă să lege din nou experiența și rațiunea într-un mănunchi care va forma știința.

ORIGINILE GUSTULUI. Secolul al XVIII-lea este un secol al comerțului maritim mondial. Desigur, încă cu secole în urmă Europa cunoștea multe din produsele restului lumii, dar mai degrabă cu titlu de mostre, în cantități mici. De data aceasta, masa mărfurilor noi este considerabilă și pătrunde destul de adînc în orașele din interiorul continentului (mai cu seamă în apusul Europei), ca să modifice gusturile și să stîrnească curiozitatea, să provoace spiritul de aventură și să poarte imaginația către țărmuri miraculoase. Este ușor să înțelegem astfel interesul mai viu care se îndreaptă către grădinile „botanice". Atîtea specii necunoscute lărgesc cunoașterea naturii, sau, mai exact, îi dau o dimensiune în plus, ca o adîncime care se adaugă suprafeței peisajelor cîmpenești obișnuite. Dar și băuturile și noile alimente trezesc lăcomia, îmbogățind în același timp farmacopeele. În sfîrșit, ochiul se împrospătează la vederea unor lucruri noi, stofe, obiecte, lacuri, devenind, la rîndul său, mai pretențios.

Noi exigențe ale sensibilității fac ca omul secolului al XVIII-lea să fie mai fragil și mai inventiv. Trecerea cîtorva milioane de ființe de la o sensibilitate tocită prin obișnuință la o sensibilitate încontinuu trează, mai ascuțită, dezvoltă gustul pentru confort și lux. Multe dintre obiceiurile secolelor anterioare par barbare firilor sensibile și delicate ale secolului al XVIII-lea. O dată cu simțurile se înnobilează și spiritul. Ceea ce ar fi umplut de bucurie pe curtezanii lui Ludovic cel Mare (Ludovic al XIV-lea) pare searbăd și grandilocvent amabililor supuși ai lui Ludovic cel Iubit (Ludovic al XV-lea). În secolul al XVIII-lea plutește un aer mai îmbătător și mai subtil: oamenii pun la îndoială, glumesc, își permit mai multe libertăți, își încearcă puterile și pornesc în aventură. Lăsînd de o parte regulile, obiceiurile și onorurile de altădată, se aleargă după ce e nou și de cele mai multe ori se cade, fără îndoială, în nimicuri și în scabros, dar uneori se descoperă progresul.

ORIGINILE ȘTIINȚEI. În știință constă marea pasiune a secolului. Încă cu două secole în urmă, Europa pornise în căutarea de continente noi și terminase aproape descoperirea întregii planete. Acestei căutări de suprafață îi urmează o căutare în profunzime (cu toate că, bineînțeles, și una și cealaltă coexistă, și se susțin reciproc, și că doar cu puțin este avantajată una sau cealaltă). Este o descoperire în profunzime care ajunge la rezultate surprinzătoare pe toate treptele scării cunoașterii.

Sus pe culme se află Newton, sau, dacă preferăm un lucru unui nume, locul planetei în univers. Aici se deschide secolul al XVIII-lea, în Anglia prin una dintre acele minuni ale științei cum nu se întîlnesc multe în istoria umanității. Documentele cele mai îndepărtate ne dezvăluie atracția pe care firmamentul o exercită asupra imaginației oamenilor. În secolul al XVI-lea, prin Copernic și Tycho Brahe, la începutul secolului al XVII-lea prin Kepler și Galilei, se adună însemnările, observațiile, calculele, mereu mai precise, născute din această curiozitate. Ce abundență de date, dar care, totodată, prin convergența lor, fac să se coacă timpul unei sinteze a eforturilor de mai multe ori milenare. Lui Newton îi revine norocul și onoarea

de a găsi formula unică. Și mai mult, pentru această descoperire și pentru exploatarea ei, Newton pune la punct admirabile procedee de calcul, care pot fi folosite într-un domeniu mult mai larg decît cel al astronomiei.

Importanța lui Newton depășește cu mult rolul decisiv al descoperirilor sale astronomice și matematice. Faptul că lumea poate fi rezumată printr-o singură formulă (căci astfel a fost interpretată lucrarea sa *Principia*, de către majoritatea gînditorilor secolului) amețea cu speranțe mințile și dădea un subiect inepuizabil de discuție flecarilor. După Fontenelle, stăpînii mari și mici ai Franței și Europei dezbat, bine sau prost, posibilitățile infinite ale spiritului uman. Și orice îndrăzneală găsește încurajare.

MORAVURILE ȘI ȘTIINȚA. Dar cercetarea și dezbaterile nu sînt încurajate numai de sus; experiența umană este alimentată și de nenumărate mici amănunte din viața de toate zilele, care îmbogățesc experiența și pun nesfîrșite întrebări meșteșugarilor, împinși astfel să devină inventatori. Construirea de case, amenajarea orașelor, mobilierul, bucătăria, îmbrăcămintea, totul caută progresul, adică o adaptare mai bună la nevoile omului, căutare care va fi denumită în curînd, printr-un cuvînt englez, confort. Iată deci case amenajate ținînd seamă mai mult de util decît de strălucire, străzi luminoase și pe cît posibil curățate, trotuare pentru pietoni și, către sfîrșitul secolului, cîteva canalizări de apă curgătoare. Iată mobile care își pierd din solemnitatea rigidă pentru a deveni „comode" (și cuvîntul a făcut carieră în industria mobilei), scaune care adoptă forma corpurilor șezînd, și toate aranjate în camere mai bine luminate, mai adăpostite, mai bine așezate. Aurului și marmurei, în formă brută, încep să le fie preferate bibelouri lucrate cu migală și care adună minuni de ingeniozitate; la sfîrșitul secolului apar automatele. Țesăturilor de mătase brodate cu fir de aur li se adaugă bumbacurile imprimate. În toate orășelele Europei, meșteșugarii depun eforturi de imaginație, experimentează, își adaptează uneltele, caută materiale noi, care convin ultimelor cerințe ale modei. De asemenea, bucătarii sînt cîteodată botaniști, apropiindu-se uneori chiar de farmaciști. Dar dacă băcanul devine negustor de mirodenii exotice și costisitoare sau de elixire de viață lungă, aceasta nu e pentru că tendința ar fi o reîntoarcere a comerțului la obiceiuri doctoricești; este, din contra, destinat să introducă în arta de a trăi o schimbare care va face loc unei revoluții în arta de a se îngriji. Nenumărate articole de farmacopee — scorțișoara, ghimberul și alte produse exotice, scumpe și rare, devenite peste noapte la îndemîna oricui, sau *al Kohol*-ul, popularizat ca „rachiu" — devin condimentele sau adaosurile obișnuite ale unei alimentații mai puțin abundente, dar și mai puțin indigeste. Prin urmare, doctorii trebuie să se transforme în altceva decît dieteticieni; tratamentele lor nu mai trebuie să se aplice exclusiv umorilor. Grație chirurgiei, anatomia pune în lumină importanța specială a organelor și deschide căile pe care se va angaja mai tîrziu Claude Bernard. Și aceasta, într-o vreme cînd, fără măcar a se bănui succesul, și nici măcar cuvîntul însuși, vaccinul anticipează descoperirea lui Pasteur.

Şi asta nu e totul. Reforma culinară are implicaţii asupra botanicii şi zoologiei: introducerea în meniuri a cărnurilor „grele", pînă atunci considerate vulgare, cere o mai bună cunoaştere a anatomiei animalelor şi o experienţă îmbogăţită în creşterea lor.

Dacă vizităm o locuinţă particulară din secolul al XVIII-lea vom vedea lambriuri fine, încuietori precise, decoraţii cu flori, cu fructe, cu animale, scene cîmpeneşti (toate pictate sau tapisate) şi toate se datoresc lui Buffon, lui Buffon de Montbard, tîmplar şi fierar, mare observator al fiinţelor vii, şi în acelaşi timp agronom.

Acest secol ne oferă o literatură extrem de bogată asupra naturii focului. Sînt răscolite scrierile lui Aristotel, înainte de a se trece la extazierea în faţa experienţelor lui Franklin asupra trăsnetului. Voltaire (şi Madame du Châtelet) meditează în laboratorul lor, înzestrat după cerinţele modei. Şi din toată această harababură va ieşi, prin opera lui Lavoisier, chimia modernă, dar nu numai datorită meditaţiilor teoretice ale oamenilor de lume, ci şi eforturilor meşteşugarilor de a face cămine care ard bine.

Or, acest tur de forţă nu este uşor de realizat. La început, nu se ştie cum trebuie să se procedeze, dar către anul 1720 apare o tehnică (sau care poate fi numită chiar „ştiinţă" în stilul secolului?) — caminologia. Trebuie studiate reflexiile razelor calorice pe cărămizi sau pe marmură, trebuie studiată forma coşurilor spre a provoca fluxul de aer favorabil. Se măsoară nu numai forţa ascensională pe care o are aerul cald datorită greutăţii sale reduse, dar şi presiunea care creşte o dată cu temperatura sa. În privinţa combustiei se evaluează un anumit raport între combustibil şi aerul care ridică flacăra. Iată, cum, la gura sobei, mai multe ştiinţe se nasc din preocuparea secolului pentru confort. Mai multe ştiinţe? Calorimetria, ştiinţa aerostatelor, dinamica gazelor şi, mai importantă decît toate, chimia însăşi, care porneşte de la observarea combustiei. Opera lui Lavoisier, meşteşugar bogat, este o autentică fiică a secolului, fiică a acelui secol care vrea să trăiască bine, să se bucure din plin de viaţă, să profite, în Europa, de toate plăcerile lumii, fiică a acelui secol care s-a rătăcit în „legăturile periculoase"[1], dar care a aruncat şi sămînţa progresului în glia Europei.

Căutarea confortului duce deci la descoperiri ştiinţifice sau cel puţin creează un climat favorabil acestor descoperiri şi *a fortiori* la căutarea de noi forme estetice. Acest secol descoperă expresiile matematice ale fenomenelor de vibraţie a coardelor şi a tuburilor sonore. Este de asemenea secolul în care Mozart face ca muzica să cunoască varietatea timbrurilor. Niciodată pînă atunci studiile teoretice ale gamei şi gramaticile muzicale nu evoluaseră atît de mult, în paralel, şi încă la oameni care nu-şi cunoşteau reciproc lucrările. Gustul pentru confort, pentru lux, pentru arte, iată motorul spiritului de invenţie.

[1] Aluzie la cunoscutul roman al lui CHADERLOS DE LACLOS, *Les liaisons dangereuses*. — *N.T.*

ȘTIINȚĂ ȘI SOCIETATE. În sens invers, invenția este prea puternică pentru a nu avea influență, la rîndul ei, asupra societății în care apare. O cunoaștere mai temeinică a cerului încurajează pe navigatori, deschizîndu-le, în același timp, calea spre noi îndrăzneli: observații ce trebuie făcute pe mări îndepărtate, calcule de longitudine. Astronomia este călăuza comerțului maritim și a ocupării pămîntului de către europeanul care a inventat-o. Mai modest, cîte amănunte pitorești de matematică sau de fizică nu stau la originea jocurilor, a bibelourilor la modă pe care unii le colecționează în cabinete prețioase de curiozități, care sînt aproape niște laboratoare și exercită, în orice caz, asupra gustului, o puternică influență, ca aceea pe care am mai menționat-o, a științelor naturale asupra decorației: științele călăuzesc moda. Desigur că, dacă în secolul al XVII-lea, științele sînt mai mult teoretice decît practice, în secolul al XVIII-lea ele conțin numeroase aplicații practice. Am semnalat progresele în fabricarea instrumentelor muzicale (se fac strădanii mai cu seamă pentru îmbunătățirea clavecinului, pentru a pune la punct instrumentul *pianoforte*). Cîte ceva din științele noi poate fi împrumutat în numeroase domenii ale meșteșugurilor: în boiangerie, în albit, filatură și țesătorie... hidraulică și mașini termice... Evident, științele călăuzesc progresul industrial.

În ceea ce privește acest ultim aspect, care ne-a devenit cel mai familiar astăzi, este important de semnalat că influența științei asupra „industriei" secolului al XVIII-lea nu este încă, de cele mai multe ori, efectul unei introduceri directe a unui procedeu de laborator bine pus la punct, într-un proces de fabricație (desigur, aceasta se poate întîmpla: fabricarea apei de clor la atelierul lui Javel); dar, în cazurile cele mai frecvente, este vorba de o influență difuză care transformă cîțiva meșteșugari de elită în experimentatori încercați. Între această formă avansată de meșteșug și omul de știință (în Franța, nu ar fi putut să fie denumit tot atît de bine filozof?) nu există nici o diferență de natură. Fără îndoială, astronomia și matematica au dobîndit o experiență anterioară prea bogată, pentru a mai permite competențe improvizate. Dar în fizică, chimie și chiar în medicină, amatorul luminat sau meșteșugarul destoinic înseamnă mai mult decît pedantul, marele declamator de cele luate de la autorități în materie, marele cititor de elucubrații răsuflate.

Dar ceea ce se modifică radical sînt mai ales raporturile dintre știință și societate, iar schimbările sociale, în măsura în care ele se reflectă în teoria economică, prefigurează viitorul societății științifice. Liberalismul economic, desăvîrșit mai tîrziu de Adam Smith, este cu mult mai mult decît un ansamblu de considerații asupra legii naturale care guvernează condiția umană — el este o manifestare vie a unei ipoteze grandioase asupra felului în care se comportă natura întreagă. El face din individ o entitate indivizibilă și fundamentală, o entitate condamnată la repaus dacă nu este pusă în mișcare de o forță de atracție — aceea a interesului — în diferite activități al căror rezultat global se exprimă în termeni de probabilitate și de statistică. Imaginea unei anumite concepții atomice a universului este obscur implicată în spiritul celor care observă modul în care oamenii se comportă în Europa.

Timp de milenii, omenirea produsese știința ca un lux incapabil să modifice cît de puțin condiția imensei majorități a oamenilor. În secolul al XIX-lea, știința va începe să influențeze puternic lumea întreagă. În cel de-al XVIII-lea, transformările sociale pregătesc această mutație fundamentală — și asta doar lăsînd să se formeze o imagine a lor aidoma celei care în curînd se va forma despre natura întreagă.

Știm încă puțin despre felul în care evoluția muncii intelectuale a atins și a depășit această fază în care experiența și rațiunea se ajustează reciproc pentru a da muncii cu mintea deplina sa eficiență în acțiune. Dar este un lucru stabilit că există un anumit moment al adolescenței individuale, în care inteligența dă rezultate cu mult mai prompte la ceea ce, în copilărie, se opera prin tatonări instinctuale. În același mod, populația europeană devine adultă în secolul al XVIII-lea și asta e principala rațiune a revoluției științifice.

Dar ce înseamnă oare, pentru o colectivitate, să devină adultă? În mod sigur asta nu se reduce la capacitatea de a produce spirite strălucite: orice epocă le-a produs. Și nici împrejurarea că acum, datorită îmbogățirii și unei ordini mai apropiate de înțelepciune, societatea poate produce un număr mai mare de savanți, suficient să împingă evoluția intelectuală colectivă dintr-o eră în alta, din cea preștiințifică în cea științifică, nu poate constitui o explicație.

Așadar, curiozitatea secolului pentru ceea ce îl schimbă exprimă în ea însăși o mutație a evoluției intelectuale colective.

EDUCAȚIA ȘTIINȚIFICĂ. Și aici se întrevede o problemă nouă, aceea a ascensiunii sociale. Stendhal putea încă să mai creadă că roșul și negrul, armata sau clerul, erau mijloacele cele mai sigure de a-ți croi un drum în societate, cel puțin pentru cei ce nu proveneau din păturile nobilimii! În orice caz, cu mai puțin de un secol mai tîrziu, drumul în viață se putea croi prin întreprinderi economice libere și, cu mai puțină bogăție dar nu mai puțin onorabil, prin studiu, prin concurs și reușită științifică. Or, ceea ce s-a dobîndit către anul 1880, începe să se contureze în cursul secolului al XVIII-lea. Arouet devine Voltaire, prin condeiul său: aceasta nu este ceva atît de nou. Jean le Rond devine d'Alembert prin talentul său (și oarecare influență discretă), ceea ce este mai surprinzător. Dar dinastii întregi de savanți, cum sînt Bernoulli-i, iată ceea ce este caracteristic acestui secol.

Și cum se poate deveni savant în acest secol al luminilor? Cursuri gratuite sînt puține, școli sînt puține, universitățile nu sînt așa cum le cunoaștem astăzi, educația cea mai bună pe care astăzi o numim superioară se obține prin lectură sau, și mai bine, prin adopția de către un maestru, așa cum Laplace este ales de către d'Alembert. Această adopție este încă un procedeu aproape familial, cu o educație care rămîne foarte individuală, personală, de cele mai multe ori legată de noroc și foarte nedrept împărțită, șansa țăranilor fiind cu desăvîrșire inexistentă, aceea a tîrgoveților minimă, aceea a prăvăliașilor aleatorie, dar, în sfîrșit, posibilă și susceptibilă cîteodată să rivalizeze cu aceea a fiilor de bogătași sau a fiilor de nobili, care aveau preceptori, frecventau saloane și dădeau mese.

Dar, în sfîrșit, știința este onorată și cîteodată plătită. Cu un secol mai devreme, ea era subiect de scrisori între prieteni, trăind fiecare din averea lui sau găsind sprijin în biserică. În secolul al XVIII-lea, știința începe să devină obiectul unei profesiuni: se poate trăi de pe urma gîndirii sau a condeiului. De la grădinari nu se așteaptă numai să amenajeze frumusețea plantelor, ci să le și studieze; descoperirile celor care se ocupă cîte puțin cu de toate au darul să încînte, contesa de Pompadour se interesează în aceeași măsură de meșteșugarii cu succes ca și de savanți, de artiști sau de scriitori; meșteșugari cu succes — cei care sînt adevărații înaintași ai numeroaselor generații de știință experimentală.

În secolul precedent, pictorii plăteau desenatori sau matematicieni pricepuți pentru a le desena pe pînză figuri geometrice care puteau să servească drept osatură formelor și culorilor. În secolul al XVIII-lea, acest gust este depășit, în pictură, dar matematica s-a răspîndit în industrie și chiar în comerț. Se inventează cîntare, se studiază angrenajele de mașini, se calculează riscurile asigurărilor, căci interesul pentru cercetarea evoluției demografice a fost trezit.

CARACTERUL MODERN AL SECOLULUI. Dacă societatea modernă ne apare mereu mai tehnică și bazată pe calcule, dacă planurile cifrice sînt necesare atît pe scara statului, cît și pe cea a întreprinderii, fie ea chiar mică, dacă vrea să reușească, oare originea acestei societăți a calculului nu poate fi atribuită lui Vauban [2]? În lucrarea sa *Dîme royale* (Dijma regală), el vrea să prevadă evoluția statului în ansamblu, să calculeze numărul supușilor săi, să-i împartă în clase, să urmărească evoluția bogățiilor. Astfel, secolul al XVIII-lea începe cu apariția unui om și a unei opere care marchează punctul de plecare al celor mai îndrăznețe orientări în economie și în societate pe care ni le oferă lumea contemporană.

Desigur, lucrarea *Dîme royale* de Vauban a rămas neînțeleasă de epoca sa, neînțeleasă chiar și peste două secole, căci liberalii n-au vrut să vadă în ea decît o intenție de egalitate socială (și nu de calcul și de previziune), care le flata dragostea lor pentru victoria burgheziei, dar care nu era de loc în intenția autorului și în propunerile cărții. Vauban este mai degrabă strămoșul calculatorilor contemporani ai venitului național. Societatea secolului al XVIII-lea nu se preta încă la un efort atît de neobișnuit, dar un om de geniu a putut să descopere că evoluția socială se orienta către o structură care ține de calcul.

Punctele de sprijin ale progresului științific nu sînt, în secolul al XVIII-lea, numai saloanele, artele frumoase, confortul, luxul, curiozitatea, gustul. Progresul social, în totalitatea lui, se îndreaptă către știință. Existase oare în secolele anterioare un raport atît de strîns între știință și societate? Probabil că nu. Achizițiile lente și întîmplătoare făcute de știință se acumulau cu încetul și în dezordine, se deteriorau cîteodată sub loviturile hazardului. Socie-

[2] SÉBASTIEN VAUBAN, inginer militar și mareșal francez. În lucrarea *Dijma regală* (1707), interzisă după apariție, s-a ridicat împotriva fiscalității excesive și a propus perceperea impozitelor în raport cu veniturile. — *N.R.*

tățile se succedau, și de multe ori prin catastrofe, înghițind civilizații în această mișcare continuă. Numai începînd din secolul al XVIII-lea, știința este legată de fericirea popoarelor, iar destinul civilizațiilor se decide în laboratoare.

Este cu neputință să negăm contribuția considerabilă pe care a adus-o continentul asiatic la dezvoltarea Europei înainte de era noastră și în perioada care s-a convenit să se numească medievală. Caravanele din Asia meridională, corăbiile arabe din Oceanul Indian aduceau la porțile Levantului minunățiile cu care se îmbogățea Veneția, care fermecau Europa, în timp ce Italia și apoi țările din nord începuseră să studieze atîtea obiecte minunate, atîtea documente răscolitoare. Tocmai datorită faptului că a știut să profite de atîtea opere de inteligență, create de cele mai vechi civilizații ale omenirii, Europa a putut să cucerească America, continent care, la rîndul său, între secolele XV și XVII, îi îmbogățește și îi completează educația. Dar secolul al XVIII-lea este într-adevăr începutul strălucitor al domniei spiritului.

Cartea întîi
ŞTIINŢELE TEORETICE

CAPITOLUL I
Avîntul analizei şi reînnoirea geometriei

Perioadă de coordonare şi de punere la punct, de dezvoltare şi de aplicare, secolul al XVIII-lea începe, în domeniul matematicii, cu recolta exuberantă, născută din rivalitatea îndîrjită care opune şcoala britanică newtoniană discipolilor continentali ai lui Leibniz. El culminează cu opera lui Euler, cu cea a lui d'Alembert şi cu primele lucrări ale lui Lagrange, şi se termină cu revoluţia franceză şi cu publicarea marilor tratate ale şcolii de la Paris: Lagrange, Laplace, Monge, Legendre şi Lacroix.

ŞCOALA BRITANICĂ ŞI ŞCOLILE CONTINENTALE. În Marea Britanie, la începutul secolului, Newton şi discipolii săi domnesc ca stăpîni necontestaţi; centre de învăţămînt şi cercetare înfloresc la Cambridge, Oxford, Londra, Glasgow şi Edinburgh cu Newton însuşi, Wren şi Halley, dar şi cu strălucita generaţie care urmează, cea a lui David Gregory, Abraham de Moivre, Roger Cotes, Nicholas Saunderson, Brook Taylor, Robert Simson şi James Stirling. Dar supunerea prea strictă faţă de tradiţiile newtoniene va atrage după sine un declin destul de rapid al şcolii britanice care, în a doua jumătate a secolului, îşi va pierde toată vigoarea.

Pe continent, din contră, secolul luminilor vede succedîndu-se, într-un ritm rapid, numeroase lucrări de valoare care, dezvoltînd marile cuceriri ale secolului precedent, lărgesc în mod considerabil domeniul de acţiune şi eficacitatea matematicii. Chiar spre sfîrşitul secolului al XVII-lea şi la începutul secolului următor, avîntul es'e dat de Leibniz şi de primii săi discipoli, fraţii Jean şi Jacques Bernoulli din Basel şi francezul Guillaume de l'Hôpital. Grupată în jurul Academiei regale de Ştiinţe, şcoala franceză nu cunoaşte, la început, decît o strălucire relativă; ea nu începe să strălucească cu adevărat decît cu generaţia următoare, aceea a lui Maupertuis, a lui Clairaut şi a lui d'Alembert, care va consacra triumfurile paralele ale fizicii newtoniene şi ale calculului lui Leibniz. Sub influenţa lui d'Alembert şi a *Enciclopediei*, şcoala franceză se orientează de altfel din ce în ce mai net către tabăra filozofilor. Prestigiul considerabil pe care îl va dobîndi către sfîrşitul secolului se datoreşte atît faptului că în aceeaşi perioadă au fost reunite personalităţi aşa de strălucitoare, ca Lagrange, Laplace, Legendre şi Monge, cît şi folosirii în mod curent a limbii franceze de către toţi matematicienii de pe

continent și marii răspîndiri a doctrinelor de progres social și de reformă politică. Insuficiența notorie a învățămîntului științific în universitățile franceze este în parte remediată în a doua jumătate a secolului, prin înființarea de școli militare și tehnice de nivel înalt. Viața științifică franceză devine tot mai vie prin emulația fecundă pe care o provoacă numeroasele academii din provincie și mai cu seamă Academia regală de Științe din Paris, ale cărei concursuri anuale sînt disputate de cei mai mari savanți ai Europei și care, în această epocă de despotism luminat, apărea ca un exemplu și un model pe care diferiții suverani se vor strădui să îl imite.

Într-adevăr, în paralel cu expedițiile geografice și astronomice pe care le subvenționează, numeroși monarhi vor încuraja și înființarea de academii naționale, centre de cercetare și de învățămînt, înzestrate cu reviste științifice de înaltă ținută, care permit savanților să lucreze în condiții materiale relativ bune. Așa se întîmplă, de exemplu, în Prusia, unde regele Frederic al II-lea se străduiește, încă de la urcarea sa pe tron, în anul 1740, să animeze Academia din Berlin care, fundată de Leibniz în anul 1700, nu avusese pînă atunci decît o activitate foarte restrînsă. El reușește să atragă pe Maupertuis, pe Euler (din anul 1741 pînă în 1766), pe Lagrange (din anul 1766 pînă în 1787), pe Lambert (din anul 1765 pînă în 1777), etc. Datorită acestei politici de importare de talente, Academia din Berlin cunoaște o perioadă de mare prosperitate, perioadă care se termină la moartea lui Frederic al II-lea în anul 1786. Dar crearea unei universități moderne la Göttingen (în 1737) pregătea pentru Germania condițiile unei adevărate reînnoiri, care se va manifesta cu strălucire către sfîrșitul secolului, o dată cu primele lucrări ale lui Gauss.

În Rusia, Petru cel Mare creează Academia din Petersburg (în anul 1724) și atrage mai mulți savanți din Basel, pe Daniel și Nicolas Bernoulli, pe J. Hermann, pe care Euler va veni să-i întîlnească în anul 1727. Marele matematician va rămîne la Petersburg pînă în anul 1741, apoi va reveni sub domnia Ecaterinei a II-a, din anul 1766 pînă la moartea sa (în anul 1783), contribuind astfel la crearea unui nou și strălucit centru intelectual.

Celelalte țări din Europa cunosc o activitate științifică mai puțin vie. În ciuda prestigiului meritat al universităților lor, Țările de Jos nu se interesau decît de științele experimentale și delăsau cercetarea teoretică. Elveția numără două centre destul de strălucitoare: Geneva și Basel, acesta din urmă mai ales, pepinieră de savanți care, la fel ca Bernoulli, Hermann, Euler etc., vor asigura „evanghelizarea" matematică a unei părți din Europa. În Italia se păstrează un învățămînt de valoare, dar, cu tot talentul lor, Gabriel Manfredi, cei doi Riccati, Guido Grandi, Malfatti și chiar Fagnano și Ruffini sînt departe de a atinge nivelul predecesorilor lor din marele secol; de menționat că Italia a cunoscut prima matematiciană profesor la universitate, Maria Gaetana Agnesi (1718—1799), autoarea unui tratat de calcul infinitezimal, care a fost tradus în limbile franceză și engleză. Spania și Portugalia, statele scandinave și Europa centrală urmează mai de la distanță sau mai îndeaproape mersul progresului, dar fără să participe cu adevărat la el.

POZIŢIA SOCIALĂ ŞI ACTIVITĂŢILE MATEMATICIANULUI. Astfel, în timp ce secolul al XVII-lea fusese martorul reuşitei a numeroşi matematicieni amatori, aportul secolului al XVIII-lea se limitează aproape în exclusivitate la opera savanţilor profesionişti, profesori ai universităţilor britanice, italiene sau elveţiene, membri ai Academiei regale de Ştiinţe din Paris sau matematicieni itineranţi, atraşi la Berlin sau la Petersburg de politica de prestigiu a suveranilor luminaţi.

Mai mult încă decît în secolul precedent, matematicienii secolului al XVIII-lea nu se mărginesc numai la teoria pură. Pe Euler îl interesează tot atît muzica, cît şi optica, şi teoria navei. Filozof şi om de litere, d'Alembert tratează despre muzică, despre mecanică aplicată şi astronomie, aducînd o contribuţie importantă în redactarea *Enciclopediei*. Laplace, care face în acelaşi timp cercetări de matematică pură, de mecanică cerească şi de calcul al probabilităţilor, se ocupă totuşi şi de redactarea, împreună cu Lavoisier, a unui memoriu fundamental asupra teoriei căldurii. Secolul luminilor este în adevăr acela al *Enciclopediei* şi, dacă Buffon şi Réaumur îşi încep cariera prin lucrări matematice, matematicieni ca Monge, Legendre, Meusnier şi Laplace vor contrasemna, în anul 1785, procesul-verbal al marei experienţe a lui Lavoisier asupra compoziţiei apei. Chestiune de gust poate, dar şi exigenţa lucrului academic, care îndeamnă la muncă în comun şi orientarea practică a concursurilor, atît de frecvente şi regulate, organizate de principalele academii de-a lungul întregului secol.

Această scurtă privire aruncă întrucîtva o lumină de ansamblu asupra expunerii principalelor contribuţii ale secolului al XVIII-lea în domeniul matematicii. În mod necesar destul de tehnic, acest studiu se va limita cu toate acestea la episoadele esenţiale şi la contribuţiile cele mai importante. Dificultatea crescîndă a subiectelor abordate ne va obliga în adevăr să reducem explicaţiile prea precise şi să facem o alegere destul de riguroasă. Clasificarea pe materii, indispensabilă pentru înţelegerea progreselor fiecărei ramuri, nu trebuie să ne facă însă să uităm că majoritatea matematicienilor secolului al XVIII-lea se puteau încă interesa de ansamblul disciplinei lor.

A. DEZVOLTAREA ANALIZEI INFINITEZIMALE

1. Discipolii direcţi ai lui Leibniz şi Newton

ÎNCEPUTURILE NOULUI CALCUL PE CONTINENT. Primul memoriu consacrat de Leibniz „noului calcul", publicat, în anul 1684, în „Acta eruditorum" din Leipzig, nu a fost remarcat decît de germanul E.W. von Tschirnhaus, căruia îi corecta cîteva erori şi de către doi britanici — J. Wallis şi J. Craig. Numit în anul 1687 profesor la Universitatea din Basel, Jacques Bernoulli se iniţiază în calculul lui Leibniz şi devine un propagandist activ al acestuia. În 1690, el îi iniţiază, la rîndul său, pe fratele său Jean care, cu prilejul unei

șederi la Paris, între anii 1690 și 1691, a făcut cunoscute metodele leibniziene în anturajul lui Malebranche; el a dat de asemenea lecții marchizului de l'Hôpital, redactînd pentru el un curs de calcul diferențial și integral, a cărui primă parte a servit ca bază lucrării *Analyse des infiniment petits* a lui G. de l'Hôpital.

„Acta eruditorum" în care Leibniz își publica majoritatea memoriilor sale se deschid în curînd și primilor săi discipoli care, entuziasmați de puterea noului calcul, se străduiau să-i dezvolte principiile și metodele și să rezolve nenumăratele probleme de aplicare care apăreau. Dar atmosfera de emulație senină a începuturilor evoluează încetul cu încetul către un climat de aspră rivalitate, fiecare străduindu-se să rezolve toate problemele propuse și să publice enunțuri noi, susceptibile de a pune în încurcătură pe ceilalți savanți. În acest timp, au fost dobîndite numeroase rezultate care, deși necoroborate, au contribuit la lărgirea sferei dezbaterilor și la accelerarea progresului. În curînd, publicația „Journal des Sçavans" din Paris și-a deschis tribuna pentru discipolii lui Leibniz, în timp ce în Anglia, „Philosophical Transactions" permitea discipolilor lui Newton, stîrniți de succesele geometrilor de pe continent, să intervină în discuții.

Jacques Bernoulli, care, din anul 1689, abordează probleme importante referitoare la serii, rezolvă, în anul următor, problema curbei izocrone propusă de Leibniz în 1686. În același timp, el propune studiul lănțișorului, problemă care a fost rezolvată de Huygens, Leibniz și Jean Bernoulli, înainte de a fi fost extinsă de el însuși la cazul unei curbe eterogene, apoi la forma unei pînze flexibile umflate de vînt. În anul 1691, în timp ce Leibniz publică un studiu asupra cvadraturii conicelor, Jacques Bernoulli determinase tangentele spiralelor parabolice și logaritmice și ale loxodromei și efectuase cvadratura și rectificarea acestor curbe. În același an, Jean Bernoulli determina tangentele, punctele de inflexiune și razele de curbură a numeroase curbe plane și dădea unul primele exemple de folosire a coordonatelor polare (deja introduse de către Newton în *Principia*). Ulterior fratele său studiază curbe foarte variate: caustice, curbe generate prin rostogolire, curba elastică, hipocicloida etc. Cît despre Leibniz, el determină înfășurătoarea unei familii de curbe cu un parametru și prezintă, sub o formă nouă, teoria desfășuratelor și a desfășurătoarelor. Numeroase alte probleme de geometrie infinitezimală, de mecanică și de calcul integral au fost astfel tratate cu prilejul propunerilor de probleme care, din ce în ce mai des, se succedau în presa periodică. Trebuie să menționăm, în special, celebra problemă de geometrie infinitezimală propusă în anul 1692 de Viviani și problema brahistocronei (curba pantei celei mai repezi). Leibniz a tratat această ultimă chestiune ca problemă de extremum, reducînd-o la demonstrația dată de Fermat, a legii refracției. O altă problemă, aceea a izoperimetrelor, a dezvăluit publicului disputa dintre frații Bernoulli, dar i-a permis lui Jacques să pună bazele primei metode a calculului variațiilor; soluția pe care a dat-o, în anul 1701, a fost ulterior îmbunătățită de Taylor, Jean Bernoulli și Euler. Să mai menționăm și soluția problemei traiectoriilor ortogonale și determinarea geodezicelor anumitor suprafețe.

PRIMELE DIFICULTĂŢI. Publicarea, în anul 1696, a lucrării *Analyse des infiniment petits* a marchizului de l'Hôpital a permis răspîndirea largă a principiilor şi a metodelor noului calcul. Dar în timp ce toate dificultăţile logice provocate de intervenţia proceselor infinite erau departe de a fi rezolvate, dorinţa de a urma calea atît de fecundă a aplicaţiilor îndepărta atenţia geometrilor de la aceste probleme fundamentale. Desigur, în mai multe rînduri, au fost întreprinse încercări de clarificare, dar ele nu au putut reduce cu totul starea de nesiguranţă provocată de diversele atacuri lansate de logicieni împotriva principiilor noului calcul. Faptul că cei care-i contraziceau erau adeseori incompetenţi, precum şi „încrederea robustă" a geometrilor secolului al XVIII-lea, preocupaţi înainte de toate de eficacitate, explică acest dispreţ pentru exactitatea riguroasă, dispreţ care, în secolul al XIX-lea, va indigna pe Cauchy, Abel şi Bolzano.

Începînd cu 1694 şi 1695, olandezul B. Nieuwentijt consideră metodele lui Barrow, Newton şi Leibniz ca obscure şi periculoase. Răspunsul acestuia din urmă este însă destul de confuz şi indică oarecare nehotărîre în ceea ce priveşte natura diferenţialelor. Discuţia este reluată către anul 1700, atunci cînd tratatul lui L'Hôpital, apărat de Varignon şi Saurin, a făcut obiectul atacurilor violente din partea cartezienilor Academiei din Paris. Convertirea celui mai eminent dintre oponenţi, algebristul Michel Rolle, marchează victoria definitivă a noului calcul în Franţa, victorie la consolidarea căreia a contribuit publicarea lucrărilor *Méthode pour la mesure des surfaces* a lui Carré (Paris, 1700) şi *Analyse démontrée* a lui Reyneau (2 vol., Paris, 1708).

DISPUTA PENTRU PRIORITATE. Dar în acest moment, noua analiză a trebuit să dea o a doua bătălie grea, celebra dispută pentru prioritate, în cadrul căreia rivalizau partizanii lui Leibniz şi cei ai lui Newton, episod penibil care a avut consecinţe deosebit de deplorabile.

Încă din anul 1685, puţin după publicarea primului memoriu al lui Leibniz, J. Wallis şi J. Craig declară că acest document era inspirat direct din lucrările lui Barrow şi ale lui Newton. Geometrul elveţian Fatio de Duillier reia această acuzaţie, în anul 1699, mai întîi în particular şi apoi în public. Leibniz răspunde, dar fără să-l pună pe Newton direct în cauză. Acesta din urmă, se decide, totuşi să publice, în anul 1704 (ca anexă la *Opticks*) lucrarea sa *Tractatus de quadratura curvarum*, redactată încă din anul 1693, în scopul de a regrupa mai sistematic părţile matematice cuprinse în *Principia*. Domolită pentru un timp, disputa reizbucneşte în 1708, cînd un discipol de al lui Newton, John Keill, acuză în public pe Leibniz de plagiat. Ca urmare a unui protest, Keill, departe de a-şi retracta acuzaţiile, le dezvoltă. Leibniz cere atunci arbitrajul lui Newton şi al lui Royal Society, care desemnează o comisie care să adune documentele privind litigiul şi să întocmească un raport amănunţit.

Acest raport, intitulat *Commercium epistolicum*, publicat în anul 1712 şi reeditat de mai multe ori, lasă să se înţeleagă că Leibniz nu şi-a elaborat „calculul" decît după ce luase cunoştinţă de amănunte destul de precise asupra calculului fluxiunilor al lui Newton. Leibniz, a cărui mărturie nu a fost soli-

citată, a fost foarte mîhnit. Controversa indirectă, foarte înverşunată şi foarte penibilă, care s-a născut astfel între cei doi creatori ai calculului infinitezimal a contribuit să adîncească prăpastia, ce a izolat, timp de mai bine de un secol, pe matematicienii englezi de savanţii de pe continent. Accentuată prin publicarea parţială a lucrării *History of Fluxions* de Raphson (Londra, 1715), controversa persistă chiar după moartea lui Leibniz (în 1716). De-abia în secolul al XIX-lea, descoperirea de noi acte a arătat că Leibniz nu fusese în posesiunea documentelor celor mai „probante", publicate în *Commercium epistolicum*, şi că, din această cauză, acuzaţia de plagiat lansată împotriva acestuia nu a fost întemeiată.

EFORTUL ANALIŞTILOR ENGLEZI. Răspîndirea metodei fluxiunilor a fost mai înceată decît aceea a analizei leibniziene. Una dintre cauzele acestei întîrzieri este publicarea foarte tardivă a eseurilor lui Newton, eseuri care, în afară de principiile metodei fluxiunilor şi a teoriei seriilor, abordează rezolvarea unor ecuaţii diferenţiale şi a unor probleme de geometrie infinitezimală, de mecanică şi de algebră. Mai mult, manualele de calculul fluxiunilor publicate de Ch. Hayes (1704), H. Ditton (1706), J. Hodgson (1736), Th. Simpson (1737), C. Maclaurin (1742), J. Rowe (1751) şi N. Saunderson (1751) constituie o mărturie a interesului prea exclusiv manifestat de către savanţii britanici pentru metodele şi simbolismul newtonian.

Totuşi Newton a avut şi cîţiva discipoli de mare valoare. Unul dintre cei mai eminenţi este Roger Cotes (1682—1716), editorul celei de-a doua ediţii a lucrării *Principia* (1713), şi a cărui lucrare postumă *Harmonia mensurarum* (1722) conţine importante rezultate cu privire la rădăcinile unităţii, la integrarea fracţiilor raţionale, la teoria diferenţialelor şi mai multe probleme de geometrie infinitezimală.

Brook Taylor (1685—1731) îşi datorează celebritatea formulei care îi poartă numele şi care dă dezvoltarea funcţiei $f(x)$ pentru o valoare $(x + h)$ a variabilei independente, vecină cu valoarea x:

$$f(x + h) = f(x) + hf'(x) + (h^2/2!)f''(x) + (h^3/3!)f'''(x) + \ldots$$

şi care apare în lucrarea sa *Methodus incrementorum directa et inversa* (Londra, 1715 —cazul particular pentru $x=0$, cunoscut sub numele de formula lui Maclaurin care l-a redescoperit în anul 1742, a fost semnalat de Taylor şi apoi enunţat de Stirling în 1717. Dar demonstraţia lui Taylor era insuficientă, căci ea nu ţinea seama de convergenţa seriei. Importanţa acestei dezvoltări nu a fost pe deplin recunoscută decît în anul 1772, de către Lagrange şi prima demonstraţie corectă a fost dată în 1823 de Cauchy. În lucrarea sa, Taylor introduce de asemenea calculul cu diferenţe finite, abordează determinarea soluţiilor singulare ale ecuaţiilor diferenţiale şi studiul schimbărilor de variabilă independentă (deja folosit de către Newton şi unii discipoli ai lui Leibniz). El cercetează, în sfîrşit, unul dintre primele exemple de probleme de fizică matematică — determinarea frecvenţei vibraţiilor şi a formei unei coarde vibrante, cunoscînd lungimea, greutatea şi tensiunea acesteia. Abraham de Moivre şi J. Stir-

ling merită, de asemenea, să fie citaţi pentru lucrările lor asupra teoriei şirurilor şi a seriilor.

Totuşi, teoria fluxiunilor se dezvolta fără să se fi acordat o atenţie suficientă principiilor noului calcul. O reacţie salutară a fost declanşată în anul 1734 prin publicarea unui pamflet, *„l'Analyst...*, în care celebrul filozof idealist George Berkeley, recunoscînd utilitatea noii analize, critica în acelaşi timp fragilitatea logică a modurilor obişnuite de prezentare, în particular folosirea frecventă a inducţiei. Aceste critici au avut un mare răsunet. Primele replici, cele ale lui James Jurin, respinse cu uşurinţă de Berkeley, au fost criticate şi ameliorate de B. Robins şi H. Pemberton. Aceste discuţii au contribuit la precizarea anumitor elemente fundamentale ale calculului fluxiunilor şi ale metodei limitelor, obligînd pe autori să acorde o mai mare atenţie problemelor de logică. Lucrarea *Treatise of Fluxions*, publicată în anul 1742 de Maclaurin, marchează o etapă importantă în această direcţie; cu toate acestea, părăsind procedeele analitice în favoarea metodelor geometrice şi mecanice, el orientează matematica britanică pe un drum puţin fecund. John Landen încearcă totuşi (în lucrarea sa *The Residual Analysis*, apărută în 1764) să întemeieze „calculul" pe principii admise de toţi în algebră şi în geometrie „fără să se recurgă la vreun principiu străin care se raportează la o mişcare imaginară sau la infinitezimale de neînţeles". Din păcate, această încercare, bazată pe o concepţie nu prea riguroasă a noţiunii de limită, a eşuat şi a trebuit să se aştepte anul 1820, pentru ca analiza engleză să-şi regăsească vitalitatea, graţie introducerii manualelor inspirate direct din metodele şi din notaţiile puse la punct pe continent.

2. Extinderea şi aplicaţiile analizei

După începuturile atît de rodnice, dar întrucîtva dezordonate ale noului calcul, sîntem martori, pe continent, la o fază de dezvoltare mai liniştită, în cursul căreia tot ceea ce a fost dobîndit anterior se extinde şi se coordonează, în timp ce iau naştere noi ramuri ale analizei şi ale aplicaţiilor ei.

CEI MAI DE SEAMĂ SPECIALIŞTI. Moartea lui Maclaurin, în 1746, şi aceea a lui Jean Bernoulli, în 1748, marchează dispariţia ultimilor discipoli direcţi ai lui Newton şi Leibniz. În această epocă, progresul analizei se află deja în mîinile unei noi generaţii, cea a lui Daniel Bernoulli (1700—1782), Euler (1707—1783), Clairaut (1713—1765) şi d'Alembert (1717—1783), care va fi înlocuită treptat de cea a lui Lagrange (1736—1813), Monge (1746—1818), Laplace (1749—1827) şi Legendre (1752—1833), generaţie care va face legătura cu secolul următor. Această falangă strălucită este dominată de două nume, cel al lui Euler şi cel al lui Lagrange.

După ce şi-a desăvîrşit studiile sub îndrumarea lui Jean Bernoulli, Leonhard Euler părăseşte oraşul său natal, Basel, la vîrsta de 20 de ani, şi lucrează la Petersburg între 1721 şi 1741, apoi la Berlin, la Academia lui Frederic al II-lea; în sfîrşit, rechemat de Ecaterina a II-a, în anul 1766, el îşi petrece ultimii ani ai vieţii la Petersburg. Consacrîndu-se în întregime muncii ştiin-

ţifice, el realizează o operă de o bogăţie excepţională. *Opera omnia*, alcătuită din peste 69 de volume în 4°, reuneşte aproape 900 de lucrări consacrate matematicii, opticii, astronomiei, ştiinţelor navale, teoriei asigurărilor etc. În afara *Scrisorilor către o principesă a Germaniei* (prima ediţie apărută în limba rusă, în anul 1768) — o operă de popularizare care a fost tradusă în zece limbi şi care a fost foarte răspîndită — tratatele sale pur matematice au cunoscut de asemenea un mare succes, jucînd un rol primordial în coordonarea diverselor ramuri ale analizei şi în formarea mai multor generaţii de matematicieni. Cea mai de seamă dintre aceste lucrări este *Introductio in analysin infinitorum* (2 volume, Lausanne, 1748), care a fost tradusă în franceză şi în germană, devenind repede un tratat clasic. Primul volum din această lucrare este consacrat studiului funcţiilor în general, al funcţiilor exponenţiale, logaritmice şi trigonometrice în special, dezvoltărilor în serie, rezolvărilor de ecuaţii prin aproximare şi unor probleme de teoria numerelor. Volumul al doilea se ocupă de studiul analitic al curbelor plane şi al suprafeţelor. Această lucrare, remarcabilă prin claritatea ei şi prin grija de coordonare a unor cunoştinţe foarte variate, conţine numeroase şi importante rezultate noi. În domeniul calculul i infinitezimal, Euler publică lucrările *Institutiones calculi differentialis* (1755) şi *Institutiones calculi integralis* (3 vol., 1768—1770), în care sînt reunite toate rezultatele acumulate în acest vast domeniu, adăugîndu-li-se numeroase contribuţii personale. Aceste lucrări nu vor fi înlocuite decît la sfîrşitul secolului, prin marile tratate ale lui Lagrange şi prin lucrarea *Traité du calcul différentiel et du calcul intégral* a lui S.F. Lacroix (2 vol., Paris, 1797—1800; ed. II, 3 vol., 1810—1819).

Născut la Torino în anul 1736, Lagrange s-a dovedit de timpuriu un matematician de înaltă clasă. Mai întîi profesor la Şcoala de artilerie din Torino, el este numit în 1766, la recomandaţia lui d'Alembert şi Euler, succesorul acestuia din urmă la Academia lui Frederic al II-lea la Berlin. În anul 1787, după moartea suveranului, el acceptă invitaţia lui Ludovic al XVI-lea şi vine la Paris, unde se stabileşte definitiv. În anul 1788, el publică prima sa lucrare mare, *La Mécanique analytique*, din care va scoate şi o a doua ediţie, parţial postumă (2 vol., Paris, 1813). Profesor, din anul III, la Şcoala normală apoi la Şcoala politehnică, el formează numeroşi discipoli, extrăgînd din cursurile pe care le preda material pentru mai multe lucrări: *Théorie des fonctions analytiques* (1797), *Traité de la résolution des équations numériques* (1798), *Leçons sur le calcul des fonctions* (1799). Napoleon, care îi admira calităţile, l-a numit senator şi conte. Pînă la moartea sa, în anul 1813, Lagrange exercită o profundă influenţă asupra tinerei şcoli franceze de matematică. Mai restrînsă ca întindere decît cea a lui Euler, opera lui Lagrange egalează pe aceea a rivalului său prin varietate şi prin importanţă. Remarcabile prin claritatea lor şi prin grija unei expuneri elegante, memoriile şi lucrările lui Lagrange conţin, toate, rezultate originale importante şi prezintă metode care, de cele mai multe ori, înnoiesc în întregime subiectele studiate.

Cu toa'e că şi ele prezintă o valoare incontestabilă, aporturile aduse de alţi analişti din această perioadă sînt oarecum „strivite" de aceste două opere monumentale. Unii dintre aceşti analişti, ca Daniel Bernoulli, Clairaut, Lam-

bert, Landen sau Legendre, nu se vor ocupa decît de anumite aspecte ale analizei. Alţii o vor considera mai cu seamă ca un auxiliar al altor cercetări: astronomia şi probabilităţile, pentru Laplace, sau geometria infinitezimală, pentru Monge. Singur, poate, d'Alembert, tratează cu talent o serie de chestiuni din diferite ramuri ale analizei, dar opera sa în domeniul matematicii a avut de suferit din cauza activităţii sale în alte domenii. Poate că el ar fi reuşit să-l egaleze pe Euler, dar a preferat să ia parte activă la redactarea *Enciclopediei* şi la dezvoltarea mişcării filozofice.

ECUAŢIILE DIFERENŢIALE. Problemele variate pe care le abordează fondatorii calculului infinitezimal şi discipolii lor i-au pus în legătură directă cu numeroase tipuri de ecuaţii diferenţiale pe care s-au străduit să le rezolve cel mai adesea prin procedee particulare. Dar, pe măsură ce rezultatele se acumulau şi notaţiile se precizau, au fost scoase la lumină reguli generale, reguli pe care savanţii secolului al XVIII-lea le-au extins, precizîndu-le condiţiile de punere în aplicare. Astfel, au fost studiate tipuri noi de ecuaţii, într-un mod din ce în ce mai sistematic, şi în acelaşi timp au fost relevate anumite dificultăţi. În felul acesta, în cursul acestei perioade s-a constituit studiul clasic al ecuaţiilor diferenţiale, fără însă a se preciza condiţiile de existenţă a soluţiilor. Încă din anul 1691, Jean Bernoulli recursese la un factor integrant pentru rezolvarea unei ecuaţii diferenţiale. Euler elaborează teoria factorului integrant folosind criteriile de integrabilitate studiate de Clairaut, de Fontaine şi de el însuşi. Metoda variaţiei constantelor, utilizată încă din anul 1693 de Jean Bernoulli, este folosită pe larg. Ecuaţiile diferenţiale liniare cu coeficienţi constanţi sînt integrate de Euler în anul 1750. În 1724 J.F. Riccati propune celebra ecuaţie $y' = f(x) + yg(x) + y^2h(x)$ pe care o şi rezolvă pentru anumite cazuri particulare. Pe de altă parte, d'Alembert demonstrează modul în care anumite ecuaţi diferenţiale pot fi rezolvate cu ajutorul unui sistem echivalent. Existenţa soluţiilor singulare, întrezărită de Taylor, a fost confirmată de Clairaut care, folosind exemplul ecuaţiei diferenţiale care îi poartă numele, utilizează metoda diferenţierii ecuaţiei iniţiale. Studiul soluţiilor singulare a fost apoi reluat de Euler, Laplace, Lagrange şi Monge, care au elucidat majoritatea dificultăţilor. Semnalăm, de asemenea, introducerea de către Euler a seriilor hipergeometrice — cu ajutorul cărora exprimă soluţia unei ecuaţii diferenţiale liniare de ordinul doi — şi a diferitelor altor tipuri de funcţii: funcţiile $B(x,y)$, funcţia $\Gamma(x)$ etc.

Ecuaţiile cu diferenţiale totale au fost studiate în special de Euler şi Lagrange; Monge precizează semnificaţia geometrică a acelor ecuţii care nu satisfac condiţia de integrabilitate, anunţînd astfel cercetările lui J.F. Pfaff.

Introdus încă din secolul al XVII-lea, calculul cu diferenţe finite a făcut obiectul lucrărilor lui Taylor, Cotes, Euler, Lagrange, Laplace, acesta din urmă utilizîndu-l, după Montmort şi Moivre, în calculul probabilităţilor.

ECUAŢIILE CU DERIVATE PARŢIALE. Derivatele funcţiilor de mai multe variabile sau derivatele parţiale, au apărut, cu notaţii încă neprecizate, în unele lucrări ale lui Newton, Leibniz şi ale fraţilor Bernoulli. Dar, cu toate

că ele intervin în toate problemele analitice cu mai multe variabile, ecuaţiile cu derivate parţile nu au fost introduse în mod explicit decît în 1734, de către Euler, iar studiul lor sistematic nu a început decît în 1747, cu exemplul ecuaţiei cu derivate parţiale a coardelor vibrante.

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2},$$

a cărei soluţie a fost explicitată de d'Alembert sub forma $u = f(x + at) + \varphi(x - at)$, unde f şi φ sînt două funcţii arbitrare, parţial determinate prin condiţiile la limită. Restricţiile impuse de d'Alembert alegerii acestor funcţii au fost criticate de Euler, care afirmă că ar trebui admisă orice funcţie definită de o linie trasată la întîmplare, şi de Daniel Bernoulli, care propune să se reprezinte soluţiile acestor funcţii prin serii trigonometrice. Toţi matematicienii acestei epoci au intervenit în dispută care a fost tranşată în secolul al XIX-lea, cînd noţiunile de funcţie şi de serie trigonometrică au fost definite în mod mai riguros.

Dar, în paralel cu extinderea aplicaţiilor acestor noi ecuaţii în mecanică şi în fizica matematică, progresează cu repeziciune şi studiul lor analitic. Euler, d'Alembert şi Lagrange iau parte activă la defrişarea acestui nou domeniu. Lagrange rezolvă în cazul general ecuaţiile de ordinul întîi iar Monge le interpretează geometric, dar sînt studiate şi diferite tipuri de ecuaţii de ordinul al doilea, ceea ce duce la introducerea dezvoltărilor în serii trigonometrice, în serii de funcţii sferice simple sau generale etc. În timp ce Lagrange clarifică dintr-un punct de vedere strict analitic numeroase aspecte ale acestei teorii atît de delicate, Monge, insistînd în special asupra aplicaţiilor în geometria infinitezimală, creează o metodă nouă de integrare geometrică aplicabilă în special unei clase importante de ecuaţii cu derivate parţiale de ordinul al doilea, de forma $Ar + 2Ks + Lt + M = 0$. Teoria caracteristicilor elaborată de el este un model de studiu analitico-geometric şi a inspirat pe numeroşi autori din secolul al XIX-lea, printre care Sophus Lie, care a recunoscut că bazele teoriei sale, a transformărilor de contact, se găsesc în lucrările lui Monge.

CREAREA CALCULULUI VARIAŢIONAL. Reluînd şi coordonînd, încă din anul 1728, diverse probleme referitoare la extremumul integralelor, care fuseseră studiate de şcoala lui Leibniz la sfîrşitul secolului al XVII-lea, Euler a intuit necesitatea introducerii în acest domeniu a unor metode mai generale. După ce a studiat celebra „problemă a izoperimetrelor", el publică un tratat de ansamblu, *Methodus inveniendi lineas curvas maximi minimive proprietate gaudentes* (Lausanne, 1744), în care a expus prima metodă generală de rezolvare a problemelor de extremum, creînd astfel o disciplină nouă, pe care o va denumi, în anul 1766, calculul variaţional. Raţionamentul său, deşi complicat datorită luării simultane în considerare a elementelor geometrice, a diferenţelor succesive şi a seriilor, îl conduce la formule generale, simple şi elegante, pe care le aplică în numeroase exemple.

Într-un memoriu celebru, publicat în anul 1762 în tomul al II-lea din „Miscellanea Taurinensia", tînărul Lagrange, introducînd un simbolism mai potrivit, a fundamentat pur analitic formulele generale descoperite de Euler, generalizînd totodată problema studiată, prin suprimarea condiţiei de fixitate a extremităţilor integralei considerate. Euler a recunoscut superioritatea demonstraţiei lui Lagrange, folosind apoi această metodă nouă. Lagrange a consacrat ulterior mai multe studii acestui nou calcul pe care îl aplică, în particular, problemei suprafeţelor minimale şi punerii la punct a sistemului său de mecanică analitică. În anul 1788, Legendre enunţă un criteriu permiţînd distingerea maximelor şi minimelor; demonstraţia lui, insuficient de riguroasă, nu a fost corectată decît în anul 1836, de către Jacobi.

NOŢIUNEA GENERALĂ DE FUNCŢIE. Originea ideii de funcţie datează de la crearea geometriei analitice de către Fermat şi Descartes. În adevăr, considerarea ordonatei unei curbe ca corespunzînd unei abscise date nu este decît transpunerea geometrică a acestei noţiuni. Aceasta n-a apărut sub aspectul său pur analitic decît după crearea calculului infinitezimal, căpătînd din ce în ce un înţeles mai clar la Leibniz, Newton şi discipolii lor. Succedînd altor diverse denumiri, termenul de funcţie apare la Leibniz şi se precizează la Jean Bernoulli, care, în anul 1718, defineşte funcţiile de o variabilă ca „fiind cantităţile compuse în orice fel din această variabilă şi din constante". Notaţia modernă, atît de simplă, $f(x)$, a fost introducă de Euler şi Clairaut.

În lucrarea sa *Introductio in analysin infinitorm* (1748), Euler face un studiu sistematic al funcţiilor elementare, clasificate, după modul lor de formare, în algebrice sau transcendente, explicite sau implicite, uniforme sau multiforme. Această clasificare realizează un important progres, cu toate că definiţia dată funcţiilor transcendente este mult prea restrictivă. În 1749, studiul ecuaţiei cu derivate parţiale a coardelor vibrante îl conduce pe Euler la lărgirea noţiunii de funcţie generală, şi la admiterea că ea poat fi definită printr-o curbă trasată la întîmplare pe un plan. Ambiguitatea creată prin coexistenţa acestor două concepţii nu va fi rezolvată decît în secolul al XIX-lea, de către Fourier şi Lejeune-Dirichlet, care vor explica în acelaşi timp legăturile care există între noţiunea generală de funcţie şi dezvoltarea în serie trigonometrică, introdusă de Daniel Bernoulli, şi care pînă atunci fusese considerată ca mai restrictivă decît soluţia lui Euler[1].

[1] Noţiunea generală de funcţie, în forma riguroasă cunoscută azi, chiar dacă a fost propusă încă din secolul trecut, nu a devenit obiect de cercetare matematică decît în secolul nostru. Acest fapt este adevărat chiar şi pentru funcţiile reale arbitrare de o variabilă reală; pînă în pragul secolului nostru nu s-a putut indica nici o proprietate cît de cît nebanală, care să aparţină oricărei funcţii reale de o variabilă reală. Astfel de proprietăţi aveau să fie descoperite abia în secolul nostru (a se vedea, de exemplu, volumul al 2-lea al tratatului *Analiză matematică* Ed. Tehnică, 1958 — al acad. Miron Nicolescu şi cartea *Noţiuni de analiză matematică*, Ed. Ştiinţifică, 1968 — de S. Marcus). O deosebită însemnătate o prezintă azi noţiunea de funcţie constructivă, definită prin existenţa unui algoritm care, pentru orice x, conduce la valoarea lui $f(x)$. — *M.S.*

D'ALEMBERT ŞI TEORIA LIMITELOR. Fără a acorda o atenţie suficientă principiilor noului calcul, savanţii secolului al XVIII-lea nu au neglijat însă cu totul studiul acestora. În ale sale *Eléments de la géométrie de l'infini* (Paris, 1727), Fontenelle, admiţînd existenţa infinitului propriu-zis, utilizează infiniţi mari şi infiniţi mici de un ordin raţional oarecare, în scopul unei prezentări dogmatice a ansamblului problemelor legate de infinit. Acest punct de vedere a fost contestat cu asprime de către principalii matematicieni.

În timp ce criticile lui Berkeley impuneau şcolii britanice o aprofundare a ansamblului de concepte ale calculului fluxiunilor, în *Encyclopédie* şi în lucrarea *Eclaircissements sur les éléments de philosophie* (1767), d'Alembert, inspirîndu-se din concepţiile lui Robins şi Maclaurin, expune proprietăţile infiniţilor mici de diferite ordine într-un chip foarte modern, construind analiza pe baza teoriei limitelor. Cu toate că această teorie nu este suficient fundamentală, ea va servi totuşi drept bază a expunerii riguroase pe care Cauchy o va da în secolul următor. Teoria lui d'Alembert a cunoscut un mare succes, dar nu a obţinut acordul lui Euler al cărui punct de vedere, mai puţin precis, se apropia oarecum de acela al lui Fontenelle.

LAGRANGE ŞI TEORIA FUNCŢIILOR. Socotind că metoda limitelor păcătuieşte prin recurgerea la metafizică şi avînd îndoieli asupra rigorii metodei infiniţilor mici, Lagrange se străduieşte, încă din anul 1772, să întemeieze analiza pe metode algebrice, şi mai cu seamă, pe folosirea dezvoltării în serii Taylor. Aceste concepţii au fost ulterior larg dezvoltate şi sistematic prezentate în lucrările sale *Théorie des fonctions analytiques* (1797) şi *Leçons sur le calcul des fonctions* (1799).

Începînd prin a studia dezvoltarea taylorianã a unei funcţii în vecinătatea unei valori a a variabilei independente, el înţelege importanţa restului, dar neglijează studiul condiţiilor de existenţă şi neglijează să verifice că dezvoltarea obţinută reprezenta bine funcţia iniţială, greşeală foarte caracteristică într-o epocă în care exigenţa rigorii nu era de loc mai răspîndită în algebră decît în analiză. Derivînd seria obţinută inclusiv restul, el defineşte funcţiile derivate — pe care le notează $f'(x)$, $f''(x)$ etc. — cu ajutorul coeficienţilor succesivi ai dezvoltării. Criticată la timpul său pentru notaţiile sale şi pentru că folosirea era incomodă, această tentativă a eşuat, ca urmare a impreciziei concepţiilor referitoare la convergenţa seriilor şi la noţiunea însăşi de funcţie arbitrară. Ea a avut totuşi meritul de a atrage atenţia asupra studiului abstract al funcţiilor care, cu ajutorul lui Cauchy, al lui Riemann şi al lui Weierstrass, va conduce la crearea teoriei funcţiilor de variabile reale; de asemenea, ea va avea o mare influenţă asupra dezvoltării teoriei funcţiilor de variabilă complexă şi a seriilor formale.

CÎTEVA PROBLEME NOI. Opera lui Newton, atît de bogată în metode, în teorii şi în rezultate noi, lăsa în suspensie numeroase probleme a căror soluţionare avea să preocupe pe savanţii secolului al XVIII-lea. Acesta este cazul, de exemplu, al determinării formei de echilibru a unei mase fluide în rotaţie, ale cărei particule se atrag reciproc după legea lui Newton; Maclaurin şi Clai-

raut au demonstrat că această figură era cea a unui elipsoid de revoluţie, aşa precum fusese prevăzut de către Newton. Maclaurin a determinat în acelaşi timp valoarea atracţiei exercitată de un elipsoid omogen asupra unui punct situat în interiorul său sau pe suprafaţă.

Aceste două probleme au fost reluate de către d'Alembert, Lagrange, Laplace şi Legendre care, cu acest prilej, au elaborat metode noi şi procedee de calcul originale. Astfel, în anul 1783, Legendre a extins calculul la atracţia într-un punct exterior, graţie introducerii unui elipsoid homofocal şi cu ajutorul celebrelor „polinoame Legendre". Tot astfel şi Clairaut introduce funcţia potenţial pe care Lagrange o va folosi apoi în dinamică şi în analiză. În anul 1785, Laplace a arătat că această funcţie, V, satisface o ecuaţie cu derivate parţiale $\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 Y}{\partial z^2} = 0$, care joacă un rol important în diversele ramuri ale fizicii matematice. Laplace, care utiliza coordonatele polare, foloseşte la integrare funcţiile aşa-zise ale lui Laplace, generalizînd în oarecare măsură funcţiile trigonometrice la cazul a două variabile.

O altă problemă a dus la descoperiri şi mai importante. Este vorba de rectificarea elipsei şi a hiperbolei, problemă care nu a putut fi rezolvată de către analiştii secolului al XVII-lea, deoarece cerea în mod necesar introducerea unor funcţii noi. Neputînd aborda problema de fond, specialiştii s-au străduit mai întîi să cerceteze toate integralele al căror calcul depindea de aceste arcuri. Geometrul italian G.C. Fagnano (1682—1766) a adus o contribuţie mai originală arătînd, încă din anul 1716, că pe o elipsă sau o hiperbolă dată se poate determina, într-o infinitate de moduri, două arce de diferenţă dată şi stabilind o legătură directă între rectificarea acestor curbe şi cea a lemniscatei. Stimulat de cercetările făcute de Fagnano, publicate în anul 1750, Euler abordează în 1756 această problemă din punct de vedere analitic, şi demonstrează mai multe proprietăţi importante ale acestor integrale, caracterizate prin prezenţa, în elementul diferenţial, a rădăcinii pătrate a unui polinom de gradul al patrulea. În 1780, J. Landen demonstrează că calculul oricărui arc de hiperbolă poate fi redus la calculul a două arce de elipsă, rezultat pe care Lagrange l-a prezentat într-un mod mai direct. În anul 1786, intervine, pentru prima oară în acest domeniu, A.M. Legendre, care avea să consacre acestor cercetări o mare parte a vieţii sale. Primele două expuneri ale sale (în 1786 şi 1793) conţineau rezultate importante referitoare la clasificarea acestor integrale, la reducerea lor la forme canonice şi la calculul lor aproximativ. Dar esenţialul lucrării lui Legendre este inclus în tratatele pe care le-a publicat între anii 1811—1819 şi 1825—1832, şi pe care le vom menţiona în volumul următor, împreună cu lucrările lui Abel şi Jacobi care aveau să dezvăluie importanţa excepţională a acestor noi funcţii.

B. PROGRESUL DISCIPLINELOR ALGEBRICE

Fără a introduce inovaţii spectaculoase, secolul al XVIII-lea a adus în domeniul ştiinţelor algebrice îmbunătăţiri numeroase, care aveau să pregătească revoluţia din secolul următor.

1. Teoria Ecuaţiilor

TEOREMA FUNDAMENTALĂ A ALGEBREI. În anul 1608, P. Rothe afirmase că orice ecuaţie algebrică de gradul n admite n rădăcini. Acest enunţ a fost reluat într-un mod din ce în ce mai precis de Albert Girard (în anul 1629), Descartes (în 1637), Newton (în 1685) şi Euler (în 1742), datorită unei mai bune înţelegeri a naturii rădăcinilor (reale sau imaginare, distincte sau confundate). Demonstrarea acestei teoreme fundamentale a fost abordată în mod succesiv de d'Alembert (în anul 1746), de Euler (în 1751) etc.; dar prima demonstraţie riguroasă nu a fost dată decît în anul 1799 de către Gauss, care a prezentat ulterior şi alte demonstraţii. La baza demonstraţiilor lui Lagrange şi Gauss stă faptul că orice ecuaţie algebrică are cel puţin o rădăcină, reală sau imaginară.

DETERMINANŢII. La sfîrşitul secolului al XVII-lea, Leibniz utilizase în diferite ocazii, cu prilejul rezolvării sistemelor de ecuaţii liniare cu mai multe necunoscute, un algoritm care era echivalent cu determinanţii actuali[2]. Notaţii analoge, reintroduse în 1750 de Gabriel Cramer, au fost folosite din ce în ce mai des în cursul celei de-a doua jumătăţi a secolului, mai cu seamă de Bézout (1764), Vandermonde (1772), Laplace (1772), Lagrange (1773) etc. Au fost obţinute diferite rezultate noi, fără însă să se întreprindă un studiu sistematic al acestui nou algoritm. Denumirea de determinant a fost creată de Gauss în anul 1801, iar teoria lui a fost precizată în primele decenii ale secolului al XIX-lea de către J. Binet, Cauchy şi Jacobi; notaţia modernă nu a fost însă introdusă decît în anul 1841, de A. Cayley.

ECUAŢIILE DE GRAD MAI MARE DECÎT PATRU. În timp ce rezolvarea ecuaţiilor de gradul al treilea şi de gradul al patrulea beneficia de oarecare progrese de amănunt, datorate mai cu seamă unei mai bune utilizări a numerelor complexe, atenţia algebriştilor se îndrepta în mod firesc către ecuaţiile de grad superior, mai cu seamă către cele de gradul al cincilea, a căror rezol-

[2] Este demn de notat că metoda antică chineză de a reprezenta pe un caroiaj de şah coeficienţii necunoscutelor mai multor ecuaţii liniare simultane (cf. vol. I, p. 191), revine de fapt la a reprezenta concret un determinant. De altfel, cu cîţiva ani înaintea lui Leibniz, marele matematician japonez Seki Kōwa a folosit un determinant pentru eliminarea unei cantităţi între două ecuaţii. — *N.A.*

vare părea să fie unul din primele obiective ce trebuiau atinse. În anul 1683, Tschirnhaus a crezut că a găsit o metodă generală de rezolvare a ecuaţiilor algebrice. Deşi ineficace în rezolvarea ecuaţiilor de grad mai mare decît patru această metodă de rezolvare prin substituţie a permis ulterior reducerea ecuaţiei generale de gradul al cincilea la o formă canonică trinomă.

Numeroasele insuccese întîmpinate însă în încercarea de rezolvare a ecuaţiilor generale de grad mai mare decît patru au îndemnat la întreprinderea unei analize mai atente a celor două metode generale folosite în rezolvarea ecuaţiilor de grad inferior: metoda prin substituţie şi metoda prin combinare. Două importante studii asupra acestui subiect au fost întreprinse în acelaşi timp de Vandermonde (în 1770, publicat în 1774) şi de Lagrange (*Réflexions sur la résolution algébrique des équations*, 1770—1771).

Vandermonde a stabilit că rezolvarea generală a unei ecuaţii de un anumit grad depinde de posibilitatea de a construi o funcţie raţională de rădăcini, care să aibă unele valori egale cu rădăcinile înseşi, cu condiţia însă ca această funcţie să poată fi transformată în aşa fel, încît să depindă numai de funcţii simetrice în rădăcinile căutate. El a regăsit astfel formulele de rezolvare a ecuaţiilor de gradele doi, trei şi patru, a eşuat în tentativa de a rezolva ecuaţiile generale de grad superior, dar a reuşit să rezolve ecuaţia binomă $x^{11}-1=0$, întrevăzînd chiar posibilitatea de a rezolva ecuaţia $x^n - 1 = 0$ în toate cazurile în care n este număr prim, rezolvare care va fi prezentată de Gauss în lucrarea *Disquisitiones arithmeticae* din 1801.

Pe de altă parte, Lagrange a ajuns şi el să studieze funcţiile raţionale de rădăcinile ecuaţiilor algebrice şi, în particular, comportarea acestor funcţii la permutarea rădăcinilor; această cale îl conduce la elaborarea primelor fundamente ale viitoarei teorii a grupurilor. Constatînd că metodele obişnuite de rezolvare recurg la ecuaţii auxiliare — aşa-numitele rezolvante — ale căror rădăcini sînt funcţii liniare de rădăcinile căutate şi de cele ale unităţii, el arată că ecuaţia de gradul al cincilea nu poate fi rezolvată pe această cale, ecuaţia ei rezolvantă fiind de gradul al şaselea. În anul 1798, el reia acest studiu în lucrarea sa *Résolution algébrique des équations*, fără însă să poată avansa în studiul ecuaţiilor de grad mai mare decît patru. În anul următor, matematicianul italian Pietro Ruffini rezolvă în parte această enigmă, în lucrarea sa *Teoria generale delle equazioni*, afirmînd imposibilitatea formală a rezolvării algebrice a ecuaţiilor generale de grad mai mare decît patru. Dar în raţionamentul său mai rămăseseră cîteva lacune: demonstraţia definitivă nu va fi dată decît în 1826 de către Abel. Importantele sale cercetări l-au condus pe Ruffini la aprofundarea, după Lagrange, a bazelor teoriei grupurilor. Cu toate că nu a fost apreciată la adevărata ei valoare, opera matematicianului italian ocupă totuşi un loc de seamă, alături de lucrările lui Vandermonde, Lagrange şi Gauss, în pregătirea marii revoluţii din anii 1826—1830, care va reînnoi metodele de ansamblu ale algebrei, lămurind dificultăţile observate în teoria rezolvării algebrice a ecuaţiilor.

DIFERITE ALTE PROGRESE. Au fost realizate şi alte progrese, mai elementare. Unul dintre acestea, de care depindeau în parte lucrările lui Vandermonde şi

cele ale lui Lagrange, se referă la funcţiile simetrice de rădăcinile ecuaţiilor algebrice al căror studiu, început de Girard, a fost întreprins de Newton şi completat de Lagrange (1768) şi de E. Waring (1777, 1782). Eliminarea unei necunoscute între două ecuaţii cu două necunoscute, problemă care este echivalentă cu căutarea punctelor de intersecţie ale celor două curbe reprezentative ale acestor funcţii, fusese studiată în secolul al XVII-lea de Stevin, Fermat şi Hudde. Cramer a elucidat, în anul 1750, dificultăţile datorate existenţei posibile a punctelor multiple, iar Bézout, în 1771, a demonstrat în mod definitiv că două curbe algebrice de grad m şi respectiv n au mn puncte comune.

Regulii semnelor a lui Descartes i s-au adus diferite îmbunătăţiri şi ea a făcut obiectul a numeroase tentative de demonstrare întreprinse în particular de Leibniz, Gua, J.A. Segner, E. Waring şi Gauss. Problema separării rădăcinilor a fost abordată de Rolle care, în lucrarea sa *Traité d'algèbre* (1690), a elaborat „metoda în cascade", care permitea, prin considerarea unei serii de ecuaţii auxiliare de grade din ce în ce mai mici, să se stabilească limite pentru valorile rădăcinilor reale ale unor anumite tipuri de ecuaţii. În 1691, Rolle a publicat celebra sa teoremă care afirmă că o funcţie nu se poate anula decît cel mult o singură dată în intervalul dintre două rădăcini reale consecutive ale derivatei.

REZOLVAREA NUMERICĂ A ECUAŢIILOR. În lucrarea sa *Arithmetica universalis* (1707), Newton a prezentat diferite metode de determinare a unei limite superioare a rădăcinilor reale, precum şi o regulă pentru determinarea limitei inferioare a numărului de rădăcini imaginare şi a limitei superioare a numărului de rădăcini pozitive şi negative; această ultimă regulă, deseori mai precisă decît cea dată de Descartes, nu a fost demonstrată decît în secolul al XIX-lea.

Newton s-a ocupat de asemenea de importanta problemă a determinării aproximative a rădăcinilor unei ecuaţii. Procedeul său, folosit încă din anul 1685 în *Algebra* lui Wallis, este destul de simplu de aplicat:

> Fiind dată o ecuaţie $f(x) = 0$ şi o valoare aproximativă a a uneia dintre rădăcinile ei, se notează $x = a + y$ şi se formează ecuaţia auxiliară $g(y) = f(a+y) = 0$; această ecuaţie în y admite o rădăcină mică în valoare absolută a cărei valoare aproximativă b este obţinută reducînd ecuţia la cei doi termeni de gradul cel mai mic ai acesteia; valoarea $a + b$ este o nouă aproximaţie mai apropiată de rădăcina căutată; aplicarea acestui procedeu poate fi continuată oricît de departe dorim.

Această metodă, uşor modificată în 1690 de către Raphson, care foloseşte aproximaţia $b_1 = a - f(a)/f'(a)$, a fost reluată mai tîrziu de Lagrange şi de Fourier.

Dintre numeroasele alte metode de rezolvare numerică aproximativă a ecuaţiilor de grad superior, studiate în secolul al XVIII-lea, nu vom menţiona decît lucrările lui Lagny, bazate pe folosirea diferenţelor succesive ale funcţiei $f(x)$, cele ale lui Taylor, în care intervine dezvoltarea în celebra lui serie şi cele ale lui Lagrange care derivă din folosirea dezvoltărilor în fracţii continue.

2. Numerele complexe şi aplicaţiile lor

NATURA NUMERELOR COMPLEXE. Introduse în secolul al XVI-lea cu prilejul rezolvării ecuaţiei de gradul al treilea, numerele imaginare au căpătat după aceea un loc din ce în ce mai important în algebră. Dar deoarece nu există o justificare fundamentată a procedeului şi nici o înţelegere clară a naturii acestor numere, introducerea lor, realizată exclusiv pentru nevoile de calcul, constituia, din punct de vedere logic, un permanent scandal. Deşi nu s-a ajuns la fundamentarea logică definitivă a acestor numere, secolul al XVIII-lea vede realizîndu-se importante progrese, datorate introducerii acestor numere în numeroase ramuri de analiză şi unei interpretări mult mai corecte a naturii lor.

Majoritatea autorilor din secolul al XVII-lea credeau că rădăcinilor de ordine diferite le corespund tipuri diferite de numere „imaginare", deşi Leibniz arătase, în 1677, că numărul $\sqrt[3]{a+bi}+\sqrt[3]{a-bi}$ era real[3]. În cursul primei jumătăţi a secolului al XVIII-lea, ameliorarea procedeelor de rezolvare a ecuaţiilor de gradul al treilea şi de gradul al patrulea, intervenţia din ce în ce mai frecventă a numerelor complexe în studiul diverselor funcţii şi în diferitele dezvoltări în serie au condus la o mai mare siguranţă în folosire, bazată pe convingerea că toate aceste numere sînt de aceeaşi natură. Pasul hotărîtor a fost făcut de d'Alembert, care, în anul 1746, în ale sale *Réflexions sur la cause générale des vents* (publicate în 1747), afirmă că orice funcţie de unul sau mai multe numere poate fi totdeauna pusă sub forma $a + bi$ (simbolul i, reprezentînd $\sqrt{-1}$, a fost introdus, mai tîrziu, în 1777, de Euler; Gauss a fost primul care l-a folosit sistematic).

Cu toate că demonstraţia lui, reluată sub alte forme de Euler, Lagrange etc. nu era suficient de riguroasă, ea cîştigă totuşi încrederea contemporanilor, deschizînd astfel calea spre teoria analitică care va fi elaborată de Cauchy în secolul al XIX-lea.

O altă metodă, reprezentarea geometrică a numerelor complexe întrezărită de Wallis în anul 1673, putea să ofere, de asemenea, o bază trainică folosirii acestor numere. Dar, deşi fusese relevată în anul 1797 de danezul C. Wessel, ea nu s-a răspîndit decît după ce a fost reinventată de alţi autori la începutul secolului al XIX-lea.

EXTINDEREA NOŢIUNII DE LOGARITM. În secolul al XVIII-lea, această problemă a legitimării numerelor complexe a fost strîns legată de introducerea lor în studiul funcţiilor logaritmice, trigonometrice şi exponenţiale.

Cu prilejul integrării fracţiilor raţionale, Leibniz şi Jean Bernoulli, în anul 1702, G.C. Fagnano, în anul 1716, ajung, în mod firesc, la conceptul de logaritm al unui număr imaginar. Ei nu au ezitat să folosească această noţiune, dar inovaţia lor îndrăzneaţă a stîrnit discuţii aprinse asupra naturii logaritmilor numerelor negative sau „imaginare": mai întîi între Leibniz şi Jean Bernoulli,

[3] Pentru acest scop, Leibniz foloseşte dezvoltări în serie. Este de menţionat că, încă din 1572, R. Bombelli arătase în *Algebra* sa că $\sqrt{2+\sqrt{-121}}+\sqrt[3]{2-\sqrt{-121}}=4$. — *N.A.*

în 1712—1713; apoi între acesta din urmă și Euler, în 1727 și 1731; în sfîrșit, între Euler și d'Alembert, în 1747—1748. Două memorii ale lui Euler, publicate în 1751, au clarificat în mod definitiv această problemă, arătînd că orice număr n, real sau imaginar, posedă o infinitate de logaritmi, toți „imaginari", cu excepția unuia dintre ei, cînd n, este pozitiv.

De altfel, studiul funcției logaritmice a suferit o transformare capitală. Pînă atunci se foloseau trei metode, metoda veche a comparării progresiei aritmetice cu cea geometrică, folosirea dezvoltărilor în serie și definirea ei ca funcție primitivă. Studiul funcției exponențiale întreprins de Wallis, Newton și Jean Bernoulli a arătat însă că funcția logaritmică este inversa acestei noi funcții ale cărei proprietăți sînt deosebit de simple. W.Jones a sugerat atunci (în 1742) studierea funcției logaritmice pornind de la această definiție, procedeu care, răspîndit de Euler (1749), s-a generalizat cu repeziciune. Trebuie să mai semnalăm că notația e pentru baza logaritmilor neperieni (naturali) este datorată lui Euler, care demonstrează de asemenea iraționalitatea lui e și a lui e^2.

NUMERELE COMPLEXE ȘI NOUA TRIGONOMETRIE. Paralel, numerele complexe își făceau o intrare triumfală în domeniul trigonometriei. Din formula celebră $ix = \log(\cos x + i \sin x)$, enunțată în 1714 de Roger Cotes, se deduc în adevăr două formule fundamentale: $(\cos x + i \sin x)^n = \cos nx + i \sin nx$, folosită în 1730 de Moivre pentru n întreg și $e^{ix} = \cos x + i \sin x$, enunțată de Euler în 1748.

Lui Euler îi mai datorăm și alte formule importante, printre care expresiile lui $\sin x$ și $\cos x$ sub formă exponențială: $\cos x = (1/2)e^{ix} + e^{-ix}$; $\sin x = (1/2\,i)(e^{ix} - e^{-ix})$, și formulele $e^{i\pi} = -1, i^i = e^{-\pi/2}$ care leagă într-un mod atît de simplu aceste două numere, cele mai misterioase din analiză.

Renunțînd la orice suport geometric, trigonometria devenea astfel o ramură a teoriei funcțiilor, în legătură strînsă cu funcțiile exponențială și logaritmică. Dezvoltările în serie obținute în secolul precedent și descompunerea pe cale trigonometrică a lui $x^n - 1$ în factorii săi reali de gradele unu și doi, realizată de R. Cotes, puteau de altfel să lase să se întrevadă această nouă orientare. În lucrarea sa *Introductio in analysin infinitorum*, Euler dă trigonometriei forma ei modernă, definind funcțiile trigonometrice ca rapoarte, luînd, ca și Lagny, pe *sinus totus* egal cu 1, dînd formulelor forma lor modernă și folosind dezvoltările în serii și în produse infinite a diferitelor funcții trigonometrice.

Să mai reamintim și afirmarea de către Fantet de Lagny (1719) a periodicității funcțiilor trigonometrice și enunțarea mai multor formule noi de către F.W. Oppel și Th. Simpson. Trigonometria sferică, căreia Euler i-a dat o formă aproape modernă, a fost de asemenea dezvoltată de Cotes, Lambert, Lexell, Legendre și Laplace, fie din punct de vedere pur analitic, fie în vederea aplicațiilor ei în geodezie sau astronomie.

Continuînd să meargă pe drumul nou deschis de Viète, J. Machin, J. Hermann, Euler și alții au dat noi expresii ale lui π, în serii sau în produse infinite, care au permis să se determine π cu un număr mai mare de cifre. În timp ce notația modernă, imaginată de W. Jones în anul 1706, era larg răspîndită de Euler, Lambert demonstra în 1761 iraționalitatea acestui număr. Cu toate că

imposibilitatea cvadraturii cercului nu va fi demonstrată decît în anul 1882 de Lindemann, încă din 1775 Academia de Ştiinţe din Paris refuză să mai examineze orice memoriu consacrat fie acestui subiect, fie dublării cubului sau trisecţiunii unghiului. Această hotărîre caracterizează elocvent progresul făcut de studiile în acest domeniu care, încă de la sfîrşitul secolului al XVIII-lea, se găsea deja într-un stadiu foarte apropiat de situaţia actuală.

În aceeaşi ordine de idei, trebuie să semnalăm, în sfîrşit, introducerea de către V. Ricatti, în 1757, a funcţiilor hiperbolice cărora studiul lui Wallace şi Lambert (1768) le-a confirmat înrudirea cu funcţiile trigonometrice.

3. Algoritmi infiniţi

STUDIUL SERIILOR. Succesul fulgerător al teoriei seriilor a oferit matematicienilor de la sfîrşitul secolului al XVII-lea un ansamblu de elaborări de o rară bogăţie. De aceea continuatorii lor au folosit din plin acest arsenal şi au contribuit la extinderea lui. Rezultate tehnice importante au fost obţinute graţie priceperii şi dezinvolturii cu care matematicieni, ca Jean Bernoulli sau Euler, au folosit această unealtă. Nu vom cita decît cîteva exemple: seria lui Taylor, pe care inventatorul ei a justificat-o printr-o inducţie îndrăzneaţă şi care va juca un rol primordial în opera lui Lagrange; seria binomului care, introdusă şi enunţată în mod explicit de Newton, în 1676, în cazul general al unui exponent real, a fost larg utilizată mai înainte de a fi demonstrată într-un mod riguros şi elegant de Euler în 1773; dezvoltarea în serie a funcţiei exponenţiale despre care Euler a arătat că este echivalentă cu limita, pentru n infinit, a expresiei $(1 + x/n)^n$.

În ciuda marii lor abilităţi algoritmice, nici chiar cei mai celebri matematicieni din această epocă nu au putut să evite toate dificultăţile legate de folosirea dezvoltărilor infinite, dificultăţi pe care ei le subestimau sau chiar nu le sesizau. Deşi aveau cunoştinţă de divergenţa seriei armonice, care fusese demonstrată de Jaques Bernoulli în 1689, precum şi de existenţa unor cazuri simple de convergenţă, Euler şi Lagrange nu s-au sfiit să folosească serii semiconvergente sau divergente; de altfel, în această epocă, sensul expresiei „serie convergentă" era foarte imprecis şi deseori nu corespundea decît verificării faptului că termenul general al seriei tindea la 0. Astfel Lagrange ajunge să afirme că suma seriei $\cos x + \cos 2x + \cos 3x + \ldots$ este $-1/2$, iar Euler însuşi admitea că $1 - 1 + 1 - 1 + 1 - \ldots$ are ca sumă $1/2$. În general, Euler considera că dacă, pentru anumite valori ale lui x, o funcţie $f(x)$ poate fi reprezentată prin suma unei serii convergente, această reprezentare este valabilă pentru toate valorile lui x pentru care $f(x)$ este determinată, chiar dacă nu se mai verifică convergenţa seriei.

O astfel de concepţie nu putea să nu ducă la contradicţii evidente pe care este uimitor că un matematician de talia lui Euler le-a putut admite.

De aceea, cu toată exagerarea aprecierii sale, înţelegem indignarea lui Abel în faţa lipsei aproape totale de rigurozitate a teoriei seriilor: „Dacă exceptăm cazurile cele mai simple, în toată matematica nu găsim aproape nici o serie a cărei sumă să fie determi-

nată în mod riguros: cu alte cuvinte, ceea ce este cel mai important în matematică nu are nici o bază" (Scrisoarea către Holmboë, 16 ianuarie 1826).

Astfel, exploatînd pe larg resursele tehnicii seriilor, secolul al XVIII-lea a lăsat urmașilor săi o sarcină urgentă, anume introducerea în acest domeniu a unei adevărate rigurozități.

PRODUSELE INFINITE ȘI FRACȚIILE CONTINUE. Deși erau cunoscute încă din timpul lui Viète, produsele infinite nu au fost folosite în mod sistematic decît de Euler, care le-a recunoscut importanța, obținînd, prin utilizarea lor, rezultate care mai tîrziu aveau să demonstreze marea lor însemnătate, atît în teoria funcțiilor, cît și în teoria numerelor.

În acest climat atît de favorabil folosirii algoritmilor infiniți, teoria fracțiilor continue nu putea să nu fie și ea larg folosită. Euler, care a făcut expunerea ei sistematică încă din 1737, perfecționează notațiile, generalizează calculul reziduurilor, se ocupă de problema convergenței și de transformarea seriilor în fracții continue, precum și de aplicarea lor la rezolvarea ecuațiilor algebrice sau nedeterminate. Lagrange și-a îndreptat atenția mai cu seamă asupra anumitor fracții continue periodice și asupra folosirii lor la integrarea ecuațiilor diferențiale.

4. Teoria numerelor

În timp ce, după succesul răsunător pe care îl repurtase în secolul al XVII-lea, studiul problemelor clasice de analiză diofantiană înregistra un declin rapid, teoria numerelor, neglijată pentru un moment, ocupă un loc de seamă în lucrările celor mai mari doi matematicieni din secolul al XVIII-lea, Euler și Lagrange.

În anul 1736, Euler demonstrează mica teoremă a lui Fermat (dacă p este număr prim, $a^p - a$ este divizibil cu p), teoremă pe care o generalizează în 1760, introducînd funcția $\varphi(n)$, numărul întregilor mai mici decît n și primi cu acest număr. El reușește de asemenea în 1732 să demonstreze inexactitatea afirmației lui Fermat după care $2^{2^n}+1$ este întotdeauna un număr prim (pentru $n = 5$) și demonstrează cazul particular $n = 3$ al marii teoreme a lui Fermat (Lagrange va demonstra cazul $n = 4$). Începînd din anul 1741, Euler se ocupă de problema partițiilor, determinarea numărului de descompuneri posibile ale unui număr N într-o sumă de n termeni, pe care o va dezvolta în lucrarea sa *Introductio in analysin infinitorum*. Teorema lui Fermat care afirmă că orice întreg N este suma a cel mult patru pătrate a fost demonstrată de Lagrange; pe de altă parte, Euler a arătat că orice număr prim de forma $4n + 1$ se descompune într-un singur fel în suma a două pătrate.

Progresele introduse de Euler în teoria și în notația fracțiilor continue i-au permis să îmbunătățească rezolvarea ecuației nedeterminate de gradul întîi $ax + by = c$, ca și pe aceea a ecuației lui Pell, studiată mai înainte de Wallis

şi Bruncker. Existenţa rădăcinilor acestei ultime ecuaţii a fost demonstrată în 1766 de Lagrange.

În 1771, matematicianul englez E. Waring enunţă, fără demonstraţie, o serie întreagă de propoziţii din teoria numerelor: descompunerea unui număr într-o sumă de termeni la cub sau la puterea a patra etc.; descompunerea oricărui număr par într-o sumă de două numere prime (posibilitate afirmată încă în 1742 de către Goldbach) etc.; teorema, atribuită lui J. Wilson, dar cunoscută încă de Leibniz, care afirmă că, pentru p prim, numărul $(p-1)! + 1$ este multiplu de p (Lagrange va demonstra această propoziţie în anul 1771).

Teoria reziduurilor pătratice a făcut şi ea obiectul a importante cercetări efectuate de Euler şi de Lagrange. Euler enunţă chiar, în anul 1772, o serie de propoziţii echivalente cu legea reciprocităţii pătratice, pe care Legendre a formulat-o în mod definitiv în anul 1785, iar Gauss a demonstrat-o în mod riguros, pentru prima oară, în anul 1796. Dar lucrările importante ale lui Legendre şi opera genială a lui Gauss aveau să deschidă de fapt o nouă etapă în evoluţia teoriei numerelor, etapă care se leagă, în esenţă, de secolul al XIX-lea şi care va fi studiată în volumul următor.

5. Probabilităţi şi statistici

CALCULUL PROBABILITĂŢILOR. La crearea sa, între anii 1654—1657, de către Pascal, Fermat şi Huygens, calculul probabilităţilor apărea esenţialmente ca o aplicare a analizei combinatorii la studiul jocurilor de noroc. Dacă cea de-a doua jumătate a secolului al XVII-lea nu a adus decît puţine elemente noi, dimpotrivă numeroasele opere originale, publicate la începutul secolului al XVIII-lea, au fixat adevărata personalitate a acestei ştiinţe noi, precizîndu-i elementele şi examinînd primele ei aplicaţii.

Cea dintîi contribuţie teoretică din secolul al XVIII-lea este lucrarea *Essay d'analyse sur les jeux hazard* scrisă de P.R. de Montmort (Paris, 1708), care aduce numeroase precizări teoretice, printre care o analiză mai amănunţită a „problemei cîştigurilor". În anul 1713 apare, la Basel, o operă postumă a lui Jacques Bernoulli, *Ars conjectandi*, care, în afara unei reeditări comentate a lucrării *De ratiociniis in ludo aleae* a lui Huygens şi a unui tratat de analiză combinatorie, conţinea contribuţii importante în toate domeniile teoriei probabilităţilor. Găsim aici, în particular, celebra „teoremă a lui Bernoulli" sau legea numerelor mari, referitoare la repetarea unui mare număr de încercări asemănătoare. Această teoremă, căreia Laplace i-a dat o formă definitivă şi a cărei verificare experimentală a fost întreprinsă de Buffon şi Poisson, avea să-şi dezvăluie, încetul cu încetul, excepţionala ei importanţă în domeniul aplicaţiilor. Lucrările întreprinse în acest domeniu de către Moivre, Stirling, Maclaurin şi Euler au dus la punerea la punct a numeroase şi importante rezultate analitice, cum este formula de aproximare, zisă a lui Stirling: $s! = s^s e^{-s} \sqrt{2\pi s}\,(1+\varepsilon)$, descoperită de Moivre şi Stirling în 1730. Mai trebuie să

menționăm introducerea de către Jacques Bernoulli, cu ocazia sumării puterilor p ale primilor întregi, a numerelor denumite ale lui Bernoulli[4].

Abraham de Moivre, protestant francez refugiat la Londra, realizează o operă și mai importantă. În diferite expuneri, dar mai cu seamă în lucrarea *Doctrine of Chances: or a Method of Calculating the Probability of Events in Play* (Londra, 1718; ed. II, 1738) și în scrierile *Annuities upon Lives* (1725) și *Miscellanea analytica* (1730), el precizează principiile calculului probabilităților și dezvoltă numeroase probleme aplicative. Astfel, el enunță regula probabilităților compuse și începe folosirea ecuațiilor cu diferențe finite, care avea să se generalizeze în decursul secolului.

În anul 1738, Daniel Bernoulli abordează studiul unei probleme care, propusă în 1713 de Nicolas Bernoulli, devine celebră sub denumirea de „paradoxul de la Petersburg".

Această problemă poate fi enunțată astfel: A și B joacă o partidă de stemă și pajură după următoarea regulă: dacă stema cade la prima aruncare A îi dă lui B o monedă;... dacă pajura cade la a n-a aruncare, A dă lui B, 2^{n-1} monede. Care este speranța matematică a lui B?

O aplicare imediată a principiilor calculului probabilităților arată că speranța matematică a lui B ar trebui să fie infinită, ceea ce nu se poate admite. Pentru a încerca să rezolve această problemă într-un mod mai apropiat de bunul-simț, Daniel Bernoulli elaborează o teorie nouă, întemeiată pe baze psihologice destul de solide. Valorii materiale absolute a unui cîștig financiar, el îi opune valoarea morală a acestuia, valoare care, corespunzînd avantajelor materiale care pot rezulta din cîștig depinde atît de cuantumul cîștigului, cît și de averea prealabilă a celui care îl primește. Dar deși această teorie a fost reluată de Laplace, ea nu a avut decît puține aplicații.

Formulată într-un memoriu postum al englezului Thomas Bayes (1763), problema determinării probabilității cauzelor prin efectele observate a fost reluată de Laplace într-un memoriu din 1774, în care dă enunțul definitiv al regulei lui Bayes și o folosește în diferite aplicații. Combinată cu teoremele probabilității totale și probabilității compuse, această regulă a permis lui Laplace și Condorcet să evalueze probabilitățile a numeroase evenimente, sprijinindu-se pe rezultatele observațiilor anterioare.

Prima intervenție a variabilei continue în problemele de probabilitate apare într-o problemă tratată de Buffon în 1733, și reluată de el în 1777 sub forma celebră a problemei acului[5] (*Arithmétique morale*: supliment la Cartea a IV-a din *Histoire naturelle*). Acest prim exemplu de probabilitate geometrică marchează introducerea calculului integral în problemele de probabilitate;

[4] Este de subliniat faptul că, în lucrările lui J. Bernoulli, E. Hallay și A. de Moivre se face pentru prima oară asocierea teoriei probabilităților cu probleme de biostatistică (vezi mai departe). — *V.S.*

[5] Această problemă era pe atunci strîns legată de practica observațiilor astronomice și geodezice; ulterior (după de la Quételet, 1838) ea a devenit și o problemă de bază a biometriei. — *V.S.*

în 1760, Daniel Bernoulli confirmă,în mod strălucit, puterea metodelor infinitezimale cărora Lagrange, Laplace şi Gauss le generalizează folosirea.

Una dintre aplicaţiile cele mai importante ale calculului probabilităţilor, stabilirea combinaţiei celei mai avantajoase a rezultatelor date de o serie de măsurători a fost abordată de R. Cotes (1772), care a atribuit diferitelor observaţii ponderi diferite, în timp ce Simpson, Lagrange şi Laplace recomandau folosirea mediei aritmetice. Legea celor mai mici pătrate, enunţată de Legendre în 1806, a fost demonstrată în 1809 de Gauss, care a elaborat o adevărată teorie a erorilor de observare şi a enunţat celebra lege care îi poartă numele.

CÎTEVA APLICAŢII. Teoria statisticilor a cunoscut în secolul al XVIII-lea o dezvoltare rapidă. Încă din 1570, Cardan se interesase de statisticile relative la durata vieţii omeneşti. În 1662, John Graunt publică observaţiile sale asupra tabelelor de mortalitate stabilite pe baza registrelor de deces ţinute la Londra începînd din anul 1592. Huygens (1669) şi Jan de Witt (1671) s-au interesat de asemenea de această problemă. Primele tabele de anvergură au fost publicate în anul 1693, de Edmund Halley, care studiază problema asigurărilor de viaţă. În timp ce,în secolul al XVIII-lea, sîntem martori la dezvoltarea rapidă, mai cu seamă în Anglia, a asigurărilor de viaţă şi a asigurărilor maritime, noile descoperiri teoretice, mai cu seamă legea numerelor mari, permit o analiză mai avansată a acestor aplicaţii. În legătură cu aceasta, trebuie să menţionăm lucrările *Annuities upon Lives* de Moivre şi *Essai sur les probabilités de la vie humaine* (1746—1760) a lui A. Deparcieux. În a doua jumătate a secolului, studiile demografice au făcut progrese, datorită lui Euler, Laplace şi mai ales Condorcet. Acesta din urmă s-a interesat, de asemenea, de probleme de aritmetică politică: determinarea celor mai echitabile proceduri în alegeri, influenţa compunerii juriilor asupra hotărîrilor judiciare etc. (*Essai sur l'application de l'analyse aux probabilités des décisions rendues à la pluralité des voix*, Paris, 1785), probleme foarte delicate pe care Laplace le va dezvolta, la rîndul său, în lucrarea sa *Essai philosophique*. Deşi prematură — datorită insuficienţei mijloacelor teoretice pe care le avea la dispoziţie — şi în parte greşită în concluzii —, încercarea lui Condorcet de a pune bazele unei matematici politice şi sociale merită un studiu mai aprofundat decît s-a făcut pînă în prezent; prin unele dintre aspectele sale, ea pare, în adevăr, că anunţă cercetările operaţionale moderne şi „teoria jocurilor".

Mai menţionăm încă o discuţie intervenită într-un domeniu vecin, cel medical, între d'Alembert şi Daniel Bernoulli, asupra unei probleme de mare actualitate — problema aprecierii importanţei inoculărilor (1760—1769)[6]. Deşi această discuţie nu a putut duce la concluzii decisive în problema dezbătută, a avut cel puţin meritul să arate interesul şi în acelaşi timp dificultăţile unei analize pe cale statistică a anumitor probleme biologice şi medicale.

OPERA LUI LAPLACE. Într-o serie de memorii publicate între anii 1771 şi 1818 şi ale căror rezultate se găsesc coordonate în lucrarea sa *Théorie analytique*

[6] A se vedea, în legătură cu aceasta, studiul lui L. Dulieu, pp. 661-662.

des probabilités (Paris, 1812), Laplace aduce contribuții importante atît la principiile și metodele calculului probabilităților, cît și la diferitele aplicații ale acestuia. Enunțul și demonstrația fiecărei teoreme, rezolvarea și aplicarea fiecărei probleme clasice sînt reexaminate și prezentate într-o sinteză care încununează întreaga operă a secolului în acest domeniu. Bazele psihologice ale calculului probabilităților sînt prezentate într-un mod foarte lucid, în timp ce o teorie nouă, aceea a funcțiilor generatoare, servește de fundament întregii expuneri teoretice. Laplace ia, de asemenea, în considerare aplicarea noii științe în problemele demografice, în anumite probleme juridice și în probleme științifice foarte variate, cum ar fi explicarea neregularităților din mișcările planetare, înclinarea medie a orbitelor cometelor, distribuția stelelor pe sfera cerească, teoria erorilor etc. În lucrarea sa *Essai philosophique sur les probabilités*, (Paris, 1814), deseori reeditată, Laplace dă o versiune elementară a acestui tratat. Cele două lucrări au încheiat, în mod strălucit, această perioadă în care calculul probabilităților s-a constituit în disciplină autonomă.

C. RENAȘTEREA STUDIILOR DE GEOMETRIE

Așa cum crearea geometriei analitice a dus la părăsirea aproape totală a cercetărilor de geometrie pură, tot așa triumful noului calcul a îndreptat atenția majorității matematicienilor către studii de inspirație analitică. Cu toate acestea, deoarece geometria rămînea un sector de aplicație privilegiat, geometria infinitezimală și suportul ei, geometria analitică, au făcut obiectul a numeroase lucrări. În ultimele decade ale secolului, sub influența lui Gaspard Monge, asistăm la o renaștere neașteptată a geometriei pure, renaștere care va modifica climatul de ansamblu al cercetărilor matematice și care se va prelungi și în secolul următor.

1. Geometria clasică

EVOLUȚIA MANUALELOR. Extinderea învățămîntului matematicii în decursul secolului al XVIII-lea a atras după sine publicarea a numeroase manuale de geometrie, dintre care unele aduceau elemente înnoitoare de netăgăduit. În Anglia, în timp ce traducerea *Elementelor* lui Euclid de către Barrow (1655) continuă să fie reeditată pînă în anul 1751, alte traduceri cunosc un viu succes, cum sînt cele ale lui J. Keill (1708), R. Simson (1756) (aproape 30 de ediții) și adaptarea lui J. Playfair (1795). În celelalte țări din Occident, majoritatea manualelor de învățămînt abandonează rigoarea și formalismul euclidian, pentru a-și însuși o prezentare mai concretă și mai bine adaptată noilor preocupări pedagogice. În timp ce în Germania învățămîntul lua un caracter hotărît practic, în Franța, lucrări destinate practicienilor, ca aceea a lui S. Leclerc, se luau la întrecere cu alte manuale care, urmînd exemplul dat de Ramus (în anul 1569) și Antoine Arnauld (în 1667), se străduiau să prezinte principiile

geometrice într-un mod mai firesc decît Euclid. Însuşi Clairaut nu găseşte că ar fi sub demnitatea lui de a publica lucrarea *Eléments de géométrie* (Paris, 1741) în care, respingînd orice rigoare prea greoaie, se străduieşte, făcînd un larg apel la intuiţie, să regăsească căile care au dus la descoperiri. Triumful ideilor enciclopedice şi al sensualismului lui Condillac contribuie la succesul acestei metode noi, împotriva căreia, către sfîrşitul secolului, se manifestă totuşi o reacţie foarte hotărîtă. Această revenire la rigoare este ilustrată de două manuale ale căror numeroase ediţii şi traduceri au influenţat în mod durabil predarea geometriei în numeroase ţări din Occident: acestea au fost *Eléments de géométrie* al lui Legendre (Paris, 1794) şi cel ale lui S.F. Lacroix (1799).

EXAMINAREA CRITICĂ A POSTULATULUI PARALELELOR. Cu toate acestea, la un nivel mai ridicat,unii autori se străduiau dimpotrivă, să întărească rigoarea operei euclidiene şi, în particular, să elucideze misterul care înconjura celebrul postulat al V-lea al paralelelor.

În anul 1693, J. Wallis traduce studiul lui Nāṣīr ad-Din al -Tūsi (secolul al XIII-lea) asupra postulatului al V-lea şi arată că acest postulat echivalează cu admiterea faptului că oricărei figuri îi corespunde o figură asemenea de mărime arbitrară. În anul 1733, lucrarea iezuitului italian Girolamo Saccheri, *Euclides ab omni naevo vindicatus* (Euclid curăţat de orice pată), realizează un progres mult mai mare în înţelegerea naturii şi rolului esenţial al acestui postulat în structura edificiului geometric. Cu toate că ajunge în cele din urmă la concluzia validităţii postulatului, Saccheri este într-adevăr primul autor care îndrăzneşte să ia în considerare negarea acestuia şi să tragă din această ipoteză numeroase consecinţe. Cu toate erorile pe care le conţinea, această lucrare anunţa constituirea unor construcţii logice independente de postulatul al V-lea. Din păcate, răspîndirea redusă a acestei opere nu i-a permis să influenţeze lucrările ulterioare.

Într-o operă postumă (*Zur Theorie der Parallellinien*, 1786), J.H. Lambert a pus în discuţie, la rîndul său, validitatea celebrului postulat şi a arătat că geometria sferică şi geometria pe o sferă imaginară permiteau să se conceapă consecinţele negării postulatului. În timp ce J. Playfair, reluînd o idee a lui Proclos, populariza, în 1795, un nou enunţ al postulatului, devenit astăzi clasic, Legendre, în diferitele ediţii ale lucrării sale *Eléments*, releva diferite aspecte ale teoriei paralelelor, legînd mai cu seamă validitatea postulatului de egalitatea cu 180° a sumei unghiurilor unui triunghi. Dar interesul stîrnit de aceste cercetări va fi în curînd eclipsat de lucrările creatorilor de geometrii neeuclidiene: Gauss, Lobacevski şi Bolyai, pe care îi vom studia în volumul următor.

PERSPECTIVA. O altă revoluţie în domeniul geometriei a fost pregătită în secolul al XVIII-lea ; apariţia transformărilor geometrice care, în secolul următor, va conduce la crearea geometriei moderne.

Tehnică ale cărei rudimente urcă pînă în preistorie, perspectiva nu a fost de loc studiată sub aspectul ei geometric fundamental decît începînd din seco-

lul al XV-lea, cînd diferiți artiști italieni, ca Lorenzo Ghiberti, Filippo Brunelleschi, Leo Battista Alberti, Piero della Francesca, Leonardo da Vinci și Benvenuto Cellini au reunit primele elemente ale unei teorii a perspectivei, pentru a deduce o metodă grafică simplă și rațională. În anul 1505, J. Pélerin expune clar procedeul punctului de fugă. În secolul al XVI-lea au fost publicate numeroase alte tratate: de Dürer (1525) și de autori italieni, Commandino (1558), D. Barbaro (1559), Jacopo Barozzi și E. Danti (1582), Guidobaldo del Monte (1600) etc. În secolul al XVII-lea, inițiativa trece în Țările de Jos cu Stevin (1605), Salomon de Caus (1612), Fr. d'Aiguillon (1613) și Marolois (1614), apoi în Franța, unde se manifestă o adevărată proliferare de tratate de perspectivă, orientate, în cea mai mare parte, către aplicații: J.L.Vaulezard (1631), J. Aleaume (1643), J. Dubreuil (3 vol., 1642—1649), A. Bosse (2 vol., 1648—1653) etc. Primul autor care a înțeles în mod limpede rolul important pe care perspectiva, considerată ca proiecție centrală, putea să-l joace în geometrie este Girard Desargues care, în lucrarea sa *Brouillon project*, scrisă în anul 1639, pune bazele geometriei proiective a conicelor[7]. El încearcă, de asemenea, să răspîndească în lumea practicienilor metodele de perspectivă mai riguroase. În ciuda sprijinului discipolilor săi, Bosse, Pascal și Ph. de la Hire, încercarea lui Desargues nu a avut însă decît un răsunet slab. În Anglia, revirimentul geometriei provocat de Newton nu pare să se fi extins și asupra aplicațiilor.

În schimb, în secolul al XVIII-lea, o serie de matematicieni se interesează de principiile perspectivei și publică manuale excelente: 's Gravesande (1711), Brook Taylor (1716 și 1719) și J.H. Lambert (1759 și 1774). Acesta din urmă reușește să domine cu o permanentă originalitate ansamblul fundamentelor geometrice ale perspectivei și ale tehnicilor grafice înrudite. Cu toate acestea, abia în secolul al XIX-lea metodele perspective vor fi reintroduse în geometrie, ceea ce va duce la redescoperirea și la dezvoltarea rapidă a geometriei proiective. Această reînnoire este consecința directă a eforturilor întreprinse de Gaspard Monge (1746—1818) în vederea revitalizării diferitelor ramuri ale geometriei și, în particular, a răspîndirii metodelor geometriei descriptive.

AVÎNTUL GEOMETRIEI DESCRIPTIVE. Această ultimă ramură a geometriei, nu este numai o creație a lui Monge. În adevăr, se găsesc exemple de folosire a acestei metode a dublei proiecții în lucrarea *Underweysung*, de Dürer (1525) și în tratatele de stereotomie de Frézier (3 vol., 1737—1739; 2 vol., 1760). Dar nici un autor, înaintea lui Monge, n-a știut să precizeze principiile acestei tehnici, să-i dezvolte metodele și să-i semnaleze toate aplicațiile fecunde, atît în domeniul tehnicilor, cît și în cel al geometriei pure și chiar al geometriei infinitezimale. Deși a predat geometria descriptivă încă înainte de anul 1770 elevilor Școlii de geniu din Mézières și deși a folosit-o în mai multe expuneri ulterioare, Monge n-a prezentat o expunere de ansamblu a acesteia decît în lucrarea sa *Géométrie descriptive* (Paris, 1799), care reproduce textul lecțiilor sale la Școala normală, în 1795. Această nouă ramură a geometriei devine de îndată clasică și discipolii lui Monge o răspîndesc foarte repede, deși cîteodată

[7] A se vedea studiul lui J. ITARD, pp. 234—235.

îi dădeau un caracter prea special pe care marele geometru l-ar fi dezavuat. Într-adevăr, pentru Monge, geometria descriptivă nu este decît un aspect al doctrinei proiecţiilor, o unealtă bivalentă a cărei importanţă în domeniul tehnicilor grafice nu trebuie să ne facă să uităm interesul ei pur geometric. Dar dacă Monge nu a dezvoltat în lucrările sale teoria generală a proiecţiilor, cel puţin i-a pus bazele în lecţiile sale orale; studiul sistematic al proiecţiilor în geometrie va fi întreprins de către discipolii săi imediaţi.

ALTE PROGRESE. Deşi mai dispersate, merită să fie semnalate şi diferite alte contribuţii ale secolului al XVIII-lea. Construcţiile geometrice efectuate numai cu ajutorul compasului, care fuseseră studiate deja de G. Mohr în anul 1672, sînt examinate în mod independent de L. Mascheroni, a cărei lucrare *La geometria del compasso* (Padova, 1797)a fost tradusă în franceză încă din anul 1798, cu sprijinul entuziast al lui Bonaparte. Construcţiile cu ajutorul riglei al unui cerc cu rază constatată, care fuseseră cercetate deja de Mohr în anul 1672, sînt studiate în 1774 de Lambert; ele vor cunoaşte un mare succes la începutul secolului următor. Tot astfel, teoria transversalelor, la care G. Ceva a adus o contribuţie celebră în anul 1678, va face obiectul cîtorva studii, înainte de a fi cercetată într-un mod mult mai general de L. Carnot în anul 1806. Să mai menţionăm şi diferitele lucrări asupra geometriei triunghiului (Euler, Wallace etc.), asupra problemelor de construcţie, cum sînt celebrele probleme ale lui Castillon şi a lui Malfatti şi să mai semnalăm redescoperirea, de către Euler, în 1752, a relaţiei, deja cunoscută de Descartes, care leagă numerele de feţe, de vîrfuri şi de muchii ale unui poliedru convex.

Sub influenţa persistentă a lui Newton, şcoala britanică se interesează în mod activ de geometria clasică. Fără să fi consacrat geometriei pure un studiu de ansamblu, Newton a folosit-o larg în lucrările sale: astfel lucrarea sa *Principia* conţine o serie de teoreme importante asupra generării conicelor; amintim, de asemenea, generarea prin perspectivă a diferitelor speţe de cubice, plecînd de la cele cinci tipuri de „parabole divergente".

Studiul recent al manuscriselor matematice ale lui Newton, în curs de publicare, studiu efectuat de D.T. Whiteside, relevă importanţa cercetărilor efectuate de autorul lucrării *Principia* în geometria pură şi în mod special în geometria proiectivă.

Analiza acestor texte conduce la a socoti pe Newton ca pe unul dintre cei mai străluciţi reprezentanţi ai şcolii proiective din secolul al XVII-lea. Pentru a preciza poziţia sa, ar rămîne totuşi de lămurit dependenţa sa posibilă de Desargues, Pascal sau Ph. de La Hire şi de apreciat influenţa pe care au putut-o avea, mai mult sau mai puţin direct, asupra gîndirii geometrice britanice, lucrările sale rămase în manuscris.

Totuşi, pentru a ne menţine la influenţa efectivă a publicaţiilor lui Newton, trebuie să notăm că mai multe teoreme pe care el le enunţase au fost mai apoi generalizate de Cotes sau Maclaurin. Acesta din urmă, în lucrarea sa *Geometria organică* (1720), a expus o metodă nouă de descriere a conicelor şi a întreprins studiul cîtorva curbe de grad superior (cisoida, strofoida, lemniscata etc.). El a generalizat, în acelaşi timp, teorema hexagramei mistice a lui Pascal, în

timp ce discipolul său, M. Stewart, publică numeroase teoreme noi, dintre care unele priveau teoria transversalelor.

Obținute fără a se urmări un plan de ansamblu, aceste diferite rezultate nu-și vor dobîndi deplina lor semnificație decît în secolul al XIX-lea, o dată cu constituirea geometriei moderne.

Totuși, paralel cu strădania mult mai sistematică a lui Monge, aceste rezultate stau mărturie a unei incontestabile renașteri a interesului pentru problemele de geometrie pură.

2. Geometria analitică

La începutul secolului al XVIII-lea, geometria analitică se găsea încă sub influența foarte netă a ideilor lui Descartes. Acesta din urmă a conceput această știință ca o „aplicație a algebrei la geometrie" — nume pe care îl va păstra pînă la începutul secolului al XIX-lea — cu alte cuvinte ca o tehnică de structură algebrică, adaptată la rezolvarea problemelor de esență geometrică și care nu intră în cîmpul normal de aplicație a proprietăților clasice, extrase din *Elementele* lui Euclid. Curbele nu sînt studiate în ele însele, după ecuațiile lor, interesul se concentrează, aproape în mod exclusiv, asupra acelora care apăreau ca soluții ale unor probleme geometrice, concepție care conducea, în mod practic, la excluderea elementelor de ordinul întîi, dreptele și planele, ca ținînd direct de raționamentele geometriei pure. Mai mult, geometria analitică a spațiului nu făcuse încă subiectul vreunui studiu și, în plan, folosirea unei singure axe, introducea o disimetrie artificială, între cele două coordonate. Prin studiul sistematic al curbelor plane, prin examinarea problemelor tridimensionale și prin ordinea introdusă în principiile de bază, secolul al XVIII-lea realizează trecerea de la „aplicația algebrei în geometrie" la „geometria analitică" modernă.

TEORIA CURBELOR PLANE. În timp ce în *Arithmetica universalis* (redactată prin 1684 și publicată în 1707) Newton folosește sistematic coordonate negative și introduce metoda coeficienților nedeterminați, în *Enumeratio linearum terții ordinis* (redactată în 1695 și publicată în 1704 ca apendice la *Opticks*), el întrebuințează metodele analitice în studiul cubicelor. Grupînd aceste curbe în 72 de specii — celelalte șase vor fi descoperite de comentatorii săi — pe care le împarte în genuri și clase, el precizează că toate pot lua naștere prin perspectivă plecînd de la cinci dintre ele. Newton a perfecționat totodată metodele de determinare a tangentelor, a ramurilor infinite și ale curburei și introduce studiul unei curbe în vecinătatea unui punct cu ajutorul unei dezvoltări în serie de puteri. Numeroși discipoli, printre care Stirling și Maclaurin, au perfecționat acest studiu al cubicelor, în timp ce Dionis du Séjour și Goudin, Waring, V. Riccati și Saladini au întreprins studiul analitic al curbelor de grad superior. Opera cea mai remarcabilă în acest domeniu este lucrarea *Introduction à l'analyse des lignes courbes algébriques* (Geneva, 1750) a lui Gabriel Cramer, care clasificînd curbele plane după gradul ecuațiilor acordă o atenție deosebită

ramurilor infinite și punctelor singulare. Cramer, care evită să recurgă la procedeele calculului integral, arată că o curbă de ordinul n este definită în general prin $\frac{n}{2}(n+3)$ puncte, dar semnalează și cazurile care fac excepție.

Lucrarea lui Euler *Introductio in analysin infinitorum* aduce și ea o contribuție importantă la teoria curbelor plane. Euler afirmă în ea echivalența celor două axe de coordonate, principiu pe care el nu-l aplică însă decît în parte. Un studiu prealabil al schimbărilor de coordonate îi permite să raporteze ecuația unei conice la două diametre conjugate, apoi la diametrele principale, procedeu care îl conduce la clasificarea modernă și la un studiu amănunțit al acestor curbe. Studiul ramurilor infinite și al asimptotelor este folosit și în clasificarea curbelor de ordinul al treilea și al patrulea. Urmează apoi studiul general al formei curbelor, al singularităților și al curburii lor, precum și al diferitelor probleme de aplicații. Fără a realiza o reînnoire definitivă a geometriei analitice, această lucrare marchează totuși progrese importante, insistînd mai cu seamă asupra studiului direct al curbelor, împotriva punctului de vedere al lui Descartes.

ÎNCEPUTURILE GEOMETRIEI ANALITICE ÎN SPAȚIU. Aplicarea geometriei analitice la studiul figurilor tridimensionale, luată în considerare de Descartes și Fermat și, într-un mod mai precis de Ph. de la Hire (1679), a fost abordată, în anul 1700, de A. Parent, care a dat ecuația cîtorva suprafețe, printre care sfera și hiperboloidul de revoluție cu o pînză, și a considerat planurile lor tangente. Prima lucrare de ansamblu consacrată acestei extinderi a geometriei analitice este *Recherches sur les courbes à double courbure* (Paris, 1731) a lui A. C. Clairaut, în care acesta studiază sistematic numeroase tipuri de curbe în spațiu și de suprafețe, atît din punct de vedere algebric, cît și din punct de vedere infinitezimal și prezintă un numai numeroase rezultate inedite, ci și metode rodnice de cercetare. În anul 1732, J .Hermann tratează diferite probleme relative la plane și studiază o serie de suprafețe, în special cvadricele, cărora le dă o primă clasificare, încă incompletă.

Ultimul capitol din lucrarea *Introductio* a lui Euler coordonează aceste rezultate dispersate, studiază schimbările de coordonate în spațiu, întreprinde un studiu analitic al suprafețelor de ordinul doi prin analogie cu cel al conicelor, și dă prima clasificare completă a acestor suprafețe.

CREAREA GEOMETRIEI ANALITICE MODERNE. Memoriul lui Lagrange, *Sur les pyramides triangulaires* (1773) expune un punct de vedere mult mai modern. Dorind să demonstreze puterea metodelor analitice, el rupe definitiv cu tradiția carteziană, afirmînd echivalența totală a celor trei axe de coordonate și relevînd rolul primordial al elementelor de ordinul întîi, dreptele și planele. El reușește astfel să simplifice calculele, să îmbunătățească notațiile și să prezinte rezultatele sub o formă mai simetrică și mai generală.

În alte memorii din aceeași epocă în care rezolvă, incidental, problemele clasice relative la plane și la drepte, Monge adoptă un punct de vedere identic. Simbolismul său este perfect adaptat la natura problemelor studiate;

astfel, acordînd o atenţie specială geometriei liniei drepte şi familiilor de linii drepte cu unul sau cu doi parametri, el introduce, încă din anul 1785, celebrele coordonate axiale ale dreptei, atribuite lui Plücker, care le-a redescoperit în 1865. În textele lecţiilor sale ţinute la Şcoala politehnică, *Feuilles d'analyse* (1795), Monge dă prima expunere de ansamblu a geometriei analitice moderne. Acest studiu, foarte concis, se caracterizează printr-un ascuţit simţ al simetriei, prin folosirea unor metode elegante şi directe, printr-un simbolism elaborat în mod perfect. Lucrarea *Application de l'algèbre à la géométrie*, pe care o publică în 1802 împreună cu Hachette, mult mai substanţială, conţine o analiză aprofundată a schimbărilor de coordonate şi un studiu amănunţit al suprafeţelor de gradul al doilea, care dezvoltă şi precizează pe acela al lui Euler. De acum înainte, geometria analitică elementară poate fi considerată ca elaborată în liniile sale mari. Afluenţa manualelor moderne, printre care acela al lui Lacroix (1798), care apar în Franţa la începutul secolului al XIX-lea arată că progresele realizate au fost imediat şi definitiv asimilate, deschizînd astfel calea către noi dezvoltări şi către aplicaţii fertile.

3. Aplicarea analizei la geometrie

PRIMELE CERCETĂRI. Cu toate că unele rezultate fragmentare fuseseră obţinute mai de mult, este incontestabil că naşterea geometriei infinitezimale este o consecinţă directă a întemeierii analizei, a cărei aplicare este.

Dacă Newton şi discipolii săi preferă să recurgă la metodele geometrice ale geometrilor din antichitate, neinteresîndu-se decît în mod excepţional de aplicaţiile geometrice ale analizei, dimpotrivă, şcoala lui Leibniz, în decursul ultimilor ani ai secolului al XVIII-lea, a obţinut, în acest domeniu, rezultate foarte bogate: determinarea razelor de curbură, a punctelor de inflexiune, a desfăşuratelor şi desfăşurătoarelor, a înfăşurătoarelor familiilor de drepte cu un parametru, traiectoriile ortogonale ale anumitor familii de curbe, liniile geodezice ale anumitor suprafeţe etc.

Dar interesul acordat acestor probleme scade apoi, ca să renască numai o dată cu lucrarea *Recherches sur les courbes à double courbure* a lui Clairaut, la fel de bogată din acest punct de vedere, ca şi din cel al geometriei analitice. Din păcate însă, Clairaut se îndreaptă în curînd spre alte teme de cercetare şi nu mai publică, în acest domeniu, decît un studiu asupra geodezicelor suprafeţelor de revoluţie.

Deşi mai presus de toate analist, Euler nu a neglijat totuşi aplicaţiile geometrice ale calculului. În anul 1728, el abordează, în acelaşi timp cu Jean Bernoulli, studiul liniilor geodezice, curbe cărora, în anul 1736, el le precizează semnificaţia mecanică. Studiul său asupra calculului variaţiilor l-a condus, în anul 1744, la definirea suprafeţelor minimale (de curbură totală constantă) despre care el dă un prim exemplu — Lagrange fiind acela care va stabili, în anul 1762, ecuaţia cu derivate parţiale. În 1760, Euler abordează un subiect cu totul nou studiind, într-un punct M al unei suprafeţe

S, raza de curbură a diferitelor secţiuni plane ale lui S care trec prin M. El ajunge la o formulă celebră, care exprimă această rază în funcţie de razele de curbură a două secţiuni normale particulare, secţiunile principale. Mai trebuie să semnalăm studiul său asupra reprezentării izometrice a suprafeţelor (1770) şi expunerea asupra suprafeţelor desfăşurabile în care utilizează, pentru prima oară, coordonate curbilinii pe o suprafaţă.

MONGE ŞI REÎNNOIREA GEOMETRIEI INFINITEZIMALE. Cu toată valoarea lor incontestabilă, studiile de geometrie ale lui Euler păstrează un oarecare caracter arid, datorită inspiraţiei lor direct analitice. De altfel, cînd, în anul 1771, Gaspard Monge întreprinde primele sale cercetări de geometrie infinitezimală, nimeni nu mai părea să se intereseze de aspectul geometric al acestor probleme. Între anii 1771 şi 1807, marele geometru va ajunge la rezultate de cea mai mare importanţă, reînnoind integral metodele de studiu în acest domeniu.

Înzestrat cu un simţ excepţional al realităţii spaţiale, Monge este în acelaşi timp un analist de valoare. Caracteristica esenţială a operei sale este legătura constantă care se manifestă în ea între diferitele aspecte, analitic, geometric şi practic, ale fiecărei probleme. Această viziune globală îi permite să ajungă, în fiecare fază a unui raţionament, la metoda cea mai directă sau cea mai rodnică şi să tragă, din fiecare rezultat, consecinţele sale cele mai variate.

Prima lucrare a lui Monge (versiune preliminară publicată în 1769; versiune definitivă redactată şi publicată în 1785) este un studiu de ansamblu al proprietăţilor generale ale curbelor în spaţiu, studiu care conţine numeroase şi importante rezultate noi, prezentate cu cea mai mare eleganţă: desfăşuratele unei curbe în spaţiu, suprafaţa rectifiantă, sfera osculatoare, curbura şi torsiunea etc. Reluînd, în anul 1775, în urma lui Euler, studiul suprafeţelor desfăşurabile, Monge face în acelaşi timp o expunere geometrică de ansamblu, o interpretare analitică, bazată pe studiul ecuaţiei cu derivate parţiale $rt - s^2 = 0$ şi o aplicare la teoria umbrelor şi a penumbrelor. În anul 1776, elevul său Meusnier prezintă un studiu geometric al curburii suprafeţelor, care conţine teorema celebră care-i poartă numele şi integrarea geometrică a ecuaţiei cu derivate parţiale a suprafeţelor minima. Puţin mai tîrziu, plecînd de la problema practică „a debleurilor şi rambleurilor", Monge introduce studiul familiilor de drepte cu doi parametri (congruenţe) şi, îndreptîndu-şi atenţia asupra congruenţelor normalelor, defineşte liniile de curbură ale unei suprafeţe şi prezintă proprietăţile esenţiale ale acestora. Paralel cu aceasta, el studiază diferitele familii de suprafeţe în legătură cu ecuaţiile lor cu derivate parţiale: de ordinul întîi (cilindri, conuri etc.), de ordinul doi (suprafeţe desfăşurabile, suprafeţe riglate cu plan director etc.), de ordinul trei (suprafeţe riglate generale etc.). Procedeul său de integrare geometrică îl conduce la studiul înfăşurătoarelor suprafeţelor, al caracteristicilor etc. şi la introducerea transformărilor de contact. Începînd din anul 1795, el prezintă elevilor de la Şcoala politehnică rezultatele esenţiale ale ştiinţei noi pe care a

creat-o. Textul lecțiilor sale, publicat în anul 1795 și în 1799, sub titlul *Feuilles d'analyse appliquée à la géométrie*, este reeditat într-o formă mai completă în marele său tratat clasic *l'Application de l'analyse à la géométrie* (1807) care va servi drept călăuză numeroșilor geometri de la începutul secolului al XIX-lea.

Astfel, datorită metodelor și rezultatelor noi pe care le-a introdus, datorită de asemenea avîntului pe care a știut să-l dea cercetărilor în acest domeniu, Monge a reușit să reînnoiască în întregime conținutul și spiritul geometriei infinitezimale. Influența sa va fi trainică și, adăugîndu-se la succesele geometriei descriptive, va reda cercetărilor geometrice un prestigiu pe care îl pierduseră de multă vreme.

CAPITOLUL II

Organizarea mecanicii clasice

Dezvoltarea extraordinară a cunoștințelor științifice în decursul secolului al XVII-lea, respectarea crescîndă a metodei experimentale și perfecționarea instrumentului matematic, de la regula de trei pînă la calculul integral, au modificat treptat caracterul scrierilor științifice, care tind să se organizeze în discipline determinate. Secolul luminilor, care va dezvolta aceste cuceriri, va putea ignora neliniștile metafizice ale creatorilor științei clasice și va reține numai moștenirea lor pozitivă. Nicăieri, ni se pare, această situație nu este atît de vizibilă și atît de clară ca în mecanică. Obiectivul nostru, de-a lungul acestor cîteva pagini, este să încercăm să scoatem în evidență acest element major pentru înțelegerea evoluției științei. Dar, înainte de a aborda realizările caracteristice ale secolului al XVIII-lea, trebuie mai întîi să acordăm o oarecare atenție transmiterii mesajului secolului al XVII-lea.

A. RĂSPÎNDIREA NEWTONIANISMULUI

REACȚIA PARTIZANILOR LUI NEWTON. Chiar în Anglia, sistemul lui Newton nu se răspîndea decît cu încetul. Lecțiile scurte ținute de Newton la ambridge nu prea erau urmărite, fiind prea aride, dacă ar fi să-l credem pe Whiston, care avea să-i urmeze lui Newton la catedră. Lucrarea lui Rohault, *Traité de physique*, tradusă în limba latină, apoi în engleză, continua să constituie baza de predare a acestei discipline. Dar, în ediția engleză din anul 1723, Samuel Clarke a adăugat textului lui Rohault note care sînt fie citate din Newton, fie comentarii ce constituie adesea o adevărată combatere a textului. Filozofia lui Netwon și-a croit astfel drum la Cambridge sub ocrotirea unui cartezian.

Exasperați de obstrucția întîmpinată pe continent, newtonienii se decid la contraatac: astfel, prefața lui Roger Cotes la ediția a doua a *Principiilor* (în 1713) reproșează cartezienilor de a fi recurs ei înșiși, prin intermediul vîrtejurilor, constituite de o materie creată arbitrar și care nu poate fi percepută cu nici un simț, la proprietăți oculte pe care le condamnă. Dar lupta este dusă de newtonieni mai cu seamă pe tărîm teologic: ei îi acuză pe car-

tezieni de a fi căzut în impietatea cea mai demnă de dispreţ, negînd intervenţia constantă a voinţei divine în fenomenele naturale.

Acest atac a fost reluat de Leibniz, prin disputa devenită celebră — pe care a avut-o cu Samuel Clarke şi care a durat pînă la moartea lui Leibniz. Acesta a putut să ironizeze în voie teologia newtoniană, în special faptul de a fi voit să facă din spaţiul absolut un *sensorium* al lui Dumnezeu însuşi. Dar afirmarea newtonianismului nu a fost decît doar întîrziată.

AFIRMAREA NEWTONIANISMULUI PE CONTINENT. În anul 1730 existau newtonieni în Olanda ('s Gravesande, Musschenbroek), dar încă nu în Franţa. Lui Maupertuis îi revine meritul de a fi introdus newtonianismul la Academia de Ştiinţe. El spunea:

„A trebuit mai mult de o jumătate de secol pentru a familiariza academiile de pe continent cu atracţia. Aceasta rămînea închisă pe insulă; sau dacă trecea dincolo de mare, ea nu părea decît reproducerea unui monstru care fusese proscris; exista atîta mulţumire de a fi izgonit din filozofie proprietăţile oculte, exista încă atîta teamă că ele să nu revină, încît tot ce se credea că ar avea cea mai mică asemănare cu ele părea înfricoşător; faptul ce a fi introdus în explicarea naturii o aparenţă de mecanism producea atîta încîntare, încît adevăratul mecanism care se oferea era respins fără a fi cercetat."

Maupertuis face analiza logică a principiilor carteziene şi arată că acestea nu ar putea să epuizeze realitatea fizică şi că, prin urmare, *negarea metafizică* a atracţiei nu este justificată; nu există un raport necesar între întindere şi impenetrabilitate. Atracţia poate fi concepută *a priori* în aceeaşi măsură ca şi impulsul. Chiar dacă s-ar considera atracţia ca o însuşire inerentă a materiei (ceea ce de altfel Newton refuza, ea nu ar fi imposibilă din punct de vedere metafizic şi nu ar implica o contradicţie. De aceea, ar fi mai bine ca intervenţia eventuală a atracţiei să nu fie considerată decît ca o simplă *problemă de fapt.*

Maupertuis a avut un discipol de seamă în persoana lui Voltaire, care se declară adept al lui Newton în *Lettres philosophiques* din 1734 şi scrie în 1738 *Eléments de la philosophie de Newton*, o lucrare de popularizare în care îşi asigură cititorii că „Newton are importanţă pentru ei". Tot lui Voltaire i se datorează prefaţa traducerii franceze a *Principiilor*, făcută de marchiza du Châtelet, în colaborare cu Clairaut. El condamnă întreaga generaţie care a îmbătrînit repetînd erorile lui Descartes şi a refuzat luminile lui Newton.

Astfel, afirmarea concepţiilor lui Newton pe continent a avut nevoie de aproape 50 de ani. În această privinţă, marea luptă în căutarea adevărului care a caracterizat secolul al XVII-lea, nu se va încheia decît spre 1738. Ştiinţa engleză, ca şi cum ar fi fost strivită de greutatea marii opere a lui Newton, a început să lîncezească şi torţa a trecut pe continent, care o refuzase atît de multă vreme.

B. MECANICA RAȚIONALĂ

EULER ȘI MECANICA PUNCTULUI. În anul 1736, Euler elaborează primul tratat în care mecanica punctului material este concepută și expusă ca o știință rațională (*analytice exposita*). Noțiunea de forță este împrumutată de Euler din statică, cu condiția să se admită — dacă nu să se demonstreze — că regulile echivalenței și compunerii forțelor statice se extind și asupra efectelor lor dinamice. Masa apare la Euler ca o noțiune derivată, primul loc fiind ocupat de forță, conform tradiției newtoniene.

PRINCIPIUL LUI D'ALEMBERT. D'Alembert și-a expus filozofia mecanicii într-un discurs preliminar celebrei sale lucrări *Traité de dynamique* (1743). O dată lămurite natura mișcării și legile transmiterii mișcărilor între corpuri, mecanica (cel puțin cea a solidelor) se prezintă ca o știință rațională, ale cărei principii se impun ca un adevăr necesar. Deși afirmă contrariul, d'Alembert pleacă de la tradiția carteziană, atunci cînd propune, dacă nu să se elimine din mecanică forța generatoare de accelerație, cel puțin să se reducă această forță la o simplă noțiune derivată, întîietatea fiind acordată masei și elementelor pur cinematice.

Problema generală de dinamică pe care și-o pune d'Alembert este următoarea:

Fiind dat un sistem de corpuri dispuse unele în raport cu altele într-un mod oarecare și presupunînd că fiecăruia dintre aceste corpuri i se imprimă o mișcare particulară, pe care însă nu o poate urma din cauza acțiunii celorlalte corpuri, să se găsească mișcarea pe care trebuie s-o urmeze fiecare corp în parte.

„Putem considera întotdeauna, spune d'Alembert, că fiecare dintre mișcările a,b,c, ..., imprimate respectiv diferitelor corpuri, A,B,C,... care constituie sistemul dat, sînt constituite din cîte două mișcări a și α, b și β, c și γ, unde $a,b,c,...$ sînt mișcările urmate în mod real, adică mișcările căutate, iar α, β, γ,... mișcările care datorită legăturilor trebuie să se distrugă reciproc.".

Aceasta este descompunerea pe care d'Alembert o ridică la rangul de principiu:

„A descompune mișcările a,b,c,... imprimate fiecărui corp, fiecare dintre ele în două altele a, α; b; β, c, γ;... în așa fel, încît dacă s-ar fi imprimat corpurilor numai mișcările a, b, c, ... ele ar fi putut urma aceste mișcări fără să-și dăuneze reciproc; și dacă li s-ar fi imprimat numai mișcările α, β, γ... sistemul ar fi rămas în repaus; este clar că a, b, c,... vor fi mișcările pe care aceste corpuri le vor urma în virtutea acțiunii lor. Ceea ce era de stabilit".

Dacă principiul lui d'Alembert este foarte limpede, descompunerile pe care le impune rămîn deseori anevoioase. Lagrange era de părere și credea că e preferabil, pe plan practic, „să se stabilească imediat echilibrul dintre forțele și mișcările pe care le generează, dar luate în direcțiile contrare."

Această metodă fusese preconizată de Hermann (1716) şi de Euler (1740). Aceste priorităţi, adăugate la cele ale lui Jacques Bernoulli, care ştiuse să reducă problema centrului de oscilaţie la aceea a echilibrului pîrghiei (1703), lasă lui d'Alembert meritul unei teze generale direct legate de principii.

S-a spus de multe ori că principiul lui d'Alembert permitea să se reducă dinamica la statică, problema mişcării la cea a echilibrului. Aceasta nu este adevărat în general, ci numai cu privire la simpla punere în ecuaţie.

D'Alembert aplică în mod sistematic principiul său în studiul tuturor problemelor care figurează în *Tratatul* său, fie că este vorba de corpuri legate prin fire sau bare, fie de corpuri oscilante în plan, fie de probleme de percuţie.

D'Alembert evită orice recurgere la principiul conservării forţelor vii şi consideră că această conservare este o consecinţă a legilor dinamicii pentru sistemele cu legături compuse din fire şi din vergi inflexibile, precum şi a legilor ciocnirii corpurilor elastice. El verifică această consecinţă în cîteva cazuri particulare.

PRINCIPIUL MINIMEI ACŢIUNI. Intervenind în 1744 în discuţia asupra „principiului economiei naturii" introdus în domeniul opticii de Fermat către anul 1664[1], Maupertuis caută un principiu variaţional care să fie compatibil cu părerea sa despre proporţionalitatea dintre vitezele de propagare şi indicii de refracţie. Paradoxul constă nu în faptul că el reuşeşte, ci că, extinzînd aproape fără temei acest principiu la domeniul dinamicii, enunţă un principiu al mecanicii efectiv de valoare; din întîmplare, el transformă într-un adevăr al mecanicii o eroare de optică, eroare care nu se poate reproşa, căci era cea a epocii sale — diferenţa dintre Newton şi Huygens.

Pentru Maupertuis, ceea ce natura economiseşte este *cantitatea de acţiune*, *mvs*, produsul dintre masă, viteză şi drumul parcurs.

Legea refracţiei a lui Snellius-Descartes, ipoteza proporţionalităţii dintre vitezele luminii şi indicii de refracţie şi ipoteza *acţiunii minime*, în felul conceput de Maupertuis, formează un ansamblu coerent. Verificarea acestei concordanţe este uşoară. De aceea, ne este permis să presupunem că Maupertuis a răsturnat ordinea factorilor, părînd să deducă această concordanţă din propriul său principiu: mai simplu, el a trebuit să admită (sau să împrumute de la Leibniz) conceptul de acţiune tocmai în vederea acestei concordanţe... Dar Maupertuis nu s-a oprit aici: el vede în minima acţiune expresia unei cauze finale, dovada însăşi a existenţei lui Dumnezeu:

„Nu putem să ne îndoim că toate lucrurile sînt orînduite de o Fiinţă supremă, care, în timp ce a imprimat materiei forţe care-i dovedesc puterea, a destinat-o să execute efecte care îi arată înţelepciunea.".

Maupertuis a fost mai precis în domeniul legilor ciocnirii, pe care a ştiut să le coreleze cu propriul său principiu (1747). Acţiunea totală în ciocnirea

[1] A se vedea, de asemenea, studiul d-nei M.A.TONNELAT, p. 313 şi pp. 533—534.

a două corpuri se poate traduce prin *suma forțelor vii datorate vitezelor pierdute*. Această sumă este efectiv un extremum și aceasta fie că ciocnirea este moale, fie că este elastică, dacă se admite, pe altă cale, conservarea, cu excepția semnului, a vitezei relative normale în ciocnirea elastică, și anularea acestei viteze relative în ciocnirea moale. Și aici, Maupertuis are fericirea de a fi reușit o sinteză.

Maupertuis, a cărui singură greșeală — și el o declara cu candoare — „era de a fi descoperit un principiu care făcea oarecare vîlvă", a avut de înfruntat polemicile cele mai vii. El este atacat de Koenig (1751), care l-a acuzat că-l plagiază pe Leibniz, în timp ce acesta nu vorbise decît de conservare și nu de acțiune minimă, și este caracterizat de Voltaire, în modul cel mai răuvoitor, în timp ce în ediția din 1758 a lucrării sale *Traité de dynamique*, d'Alembert condamna recurgerea la cauzele finale.

Între timp, Euler conferea acțiunii maupertuiste, sub forma integralei $\int mv\,ds$ — în anexa la tratatul său de calculul variațiilor (1744) — un drept de cetate matematic incontestabil. Euler verifica astfel că acțiunea maupertuistă constituie un extremum în căderea corpurilor, în mișcarea unui punct supus unei forțe centrale și chiar în mișcarea unui punct atras de un număr oarecare de centre fixe. Avînd să se pronunțe asupra polemicii cu privire la acțiunea minimă (1753), Euler condamnă teza lui Koenig și-i recunoaște lui Maupertuis paternitatea acestui principiu.

EULER ȘI MECANICA CORPULUI SOLID. În anul 1760, Euler publică lucrarea *Theoria motus corporum solidorum seu rigidorum*, care avea să fie revăzută și adăugită de fiul său într-o a doua ediție datată din anul 1790. Euler definește la fiecare solid un centru de masă sau *centru de inerție*, noțiune stabilită prin luare în considerare numai a inerției, făcînd abstracție de forțele la care poate fi supus solidul, și prin aceasta, mai puțin restrictivă decît noțiunea de *centru de greutate*, care evocă doar solidul greu. El mai definește și *momentele de inerție*, noțiune de cinetică rămasă clasică și care-i lipsea lui Huygens, ceea ce îl obliga la circumlocuții.

Euler descompune mișcarea unui solid liber într-o mișcare a centrului său de inerție și o rotație în jurul unei axe trecînd prin acest centru.

În acest tratat al lui Euler apar pentru prima dată ecuațiile diferențiale clasice care guvernează mișcarea unui corp solid în jurul unui punct fix și în care figurează în mod exclusiv, alături de momentul forțelor aplicate solidului, componentele rotației instantanee a solidului și derivatele acestora, precum și momentele de inerție ale corpului în jurul punctului fix.

BOŠKOVIĆ ȘI ACȚIUNEA LA DISTANȚĂ. În comparație cu analiștii a căror operă este inseparabilă de dezvoltarea matematicii pure, mecanica secolului al XVIII-lea trebuie să lase loc fizicianului, a cărui operă este legată de un tip de raționalism care nu va fi apreciat decît un secol mai tîrziu. Opera lui R. Bošković, *Theoria philosophiae naturalis*, publicată la Viena în 1758, sistematizează și difuzează idei pe care autorul și le însușise cu mai mult de zece ani înainte, la începutul carierei sale de profesor la Colegiul Roman.

Acest savant iezuit din Ragusa (astăzi Dubrovnik) era un newtonian critic, care se interesa mai mult de noțiunile fundamentale decît de tratarea matematică a problemelor de fizică. El remarcă discontinuități izbitoare, la care concepțiile newtoniene conduc în egală măsură ca și cele carteziene, și, generalizînd într-un mod radical acțiunea la distanță dintre două puncte ca principiu elementar fundamental aplicabil explicării tuturor fenomenelor, conservă substanțialitatea materiei, respingînd totodată ideea că particulele elementare au o întindere; pentru a reprezenta grafic legea generală a dependenței forțelor de distanță, el introduce o curbă sinuoasă, corespunzînd alternanței dintre atracții și repulsii. Această alternanță permite să se explice, dintr-o dată, diferite stări ale materiei și stabilitatea sistemelor materiale. Bošković dă noțiunii de legătură mecanică un sens dinamic, care nu putea fi înțeles de analiza matematică a timpului său. În acest fel, nu este surprinzător că opera sa nu a exercitat o influență decît mult mai tîrziu, spre sfîrșitul secolului al XIX-lea, cu ocazia discuțiilor suscitate de energetică și atomistică, pentru sau contra folosirii modelelor sau imaginilor legate de mărimile inobservabile.

C. MECANICA FLUIDELOR

HIDROSTATICA LUI CLAIRAUT ȘI FORMA PĂMÎNTULUI. Reluînd, după Huygens și Newton, problema formei Pămîntului, Clairaut ajunge să cerceteze condiția cea mai generală de echilibru al unei mase fluide. Forma cea mai utilă a unei astfel de condiții este aceea a *canalului lui Clairaut*:

„Pentru ca o masă de fluid să poată fi în echilibru, trebuie ca eforturile tuturor părților fluidului închise într-un canal oarecare intrînd în el însuși (adică închise în el însuși) să se distrugă reciproc.". (*Théorie de la figure de la Terre*, Paris, 1743).

În lumina acestui principiu, Clairaut se ocupă de echilibrul unei mase fluide grele în rotație în jurul unei axe. Pentru ca echilibrul să fie posibil, greutatea (sau gravitația) trebuie să îndeplinească anumite condiții: diferențiala greutății trebuie să fie o diferențială totală.

Măsurătorile comparate ale gradelor meridianului terestru, mai cu seamă cea care fusese făcută în Laponia, făceau să reiasă o turtire a Pămîntului de ordinul 1/300, deci mult mai puțin pronunțată decît cea pe care o anunțase Newton. Clairaut a tras de aici concluzia că Pămîntul este format din strate cu atît mai turtite cu cît sînt mai îndepărtate de centru, turtirea urmînd o lege care depinde de diminuarea densității de la centru la suprafață.

HIDRODINAMICA LUI DANIEL BERNOULLI ȘI *HIDRAULICA* LUI JEAN BERNOULLI. În anul 1738, Daniel Bernoulli publică o lucrare remarcabilă, *Hydrodynamica*, care cuprindea atît hidrostatica, știința echilibrului, cît și hidraulica, știința mișcării fluidelor. Această lucrare este întemeiată esen-

țialmente pe *conservarea forțelor vii*, adică pe egalitatea dintre scăderea reală și creșterea potențială a fluidului, în cursul evoluției sale în regim permanent. Astfel Daniel Bernoulli transpune în mecanica fluidelor ideile energetiste ale lui Huygens. El formulează, în plus, *ipoteza feliilor*: se presupune că toate particulele aparținînd aceleiași felii perpendiculare pe direcția mișcării au aceeași viteză, invers proporțională cu secțiunea. Prin aceste diferite ipoteze D. Bernoulli rezolvă foarte elegant un mare număr de probleme.

Daniel Bernoulli a fost criticat de propriul său părinte: Jean Bernoulli îi reproșează că pleacă de la „un principiu indirect, care este perfect adevărat, dar care nu este încă recunoscut de toți filozofii". În ceea ce-l privește, el afirmă că studiază mișcarea apelor exclusiv în lumina principiilor dinamicii, fapt pentru care Euler avea să-l felicite. Dar analiza lui Jean Bernoulli este alterată de introducerea *vîrtejurilor*, aranjate după necesități. Deoarece Jean Bernoulli menține ipoteza feliilor, el nu reușește să realizeze mai mult decît fiul său, dar pretinde totuși că i-ar fi luat-o înainte căci, deși își publică *Hydraulica* în anul 1742, susține că începuturile acesteia datează din anul 1732, sau chiar din 1729.

D'ALEMBERT ȘI MIȘCAREA FLUIDELOR. D'Alembert considera mecanica corpurilor solide ca o știință rațională și chiar ca „nefiind bazată decît pe principii metafizice și independente de experiență". El declară, în schimb, că teoria fluidelor trebuie necesarmente să aibă la bază experiența, de la care nu primim totuși decît „lumini foarte limitate".

În anul 1744, d'Alembert publică lucrarea *Traité de l'équilibre et du mouvement des fluides* în care, urmînd exemplul lui Jean Bernoulli, se străduiește să clădească o mecanică a fluidelor, plecînd de la principiile dinamicii, fără să facă apel la conservarea forțelor vii. Continuînd să se bazeze pe ipoteza feliilor, d'Alembert formulează în mecanica fluidelor un principiu analog aceluia pe care îl stabilise în dinamica solidelor, pentru a reduce problemele la cazul echilibrului. El reia, prin această metodă, problemele tratate încă de Daniel Bernoulli.

D'ALEMBERT ȘI REZISTENȚA FLUIDELOR. Încă în primul tratat pe care l-am menționat, d'Alembert a încercat să abordeze rezistența fluidelor cu ajutorul modelelor mecanice, în care fluidul era presupus constituit din „mici bule" ce se lovesc simultan sau succesiv de un corp solid care ar fi cufundat în acest fluid.

În anul 1752, în *Essai d'une nouvelle théorie de la résistance des fluides*, d'Alembert renunță la aceste modele. El se întoarce la o hidrostatică așa cum o formulase Clairaut și, urmînd aceeași cale, caută să includă și mișcarea fluidului:

„Viteza v a unei particule de fluid în momentul t poate fi considerată ca suma dintre viteza v', viteza sa în momentul $t + dt$, și o viteză v''. În virtutea principiului general al dinamicii, particulele fluidului, dacă ar tinde să se miște numai cu viteza v'' ar fi în echilibru și, în acest caz, presiunea fluidului va fi aceeași ca și cînd ar fi imobil, iar părțile sale ar fi solicitate la mișcare de o forță acceleratoare $\frac{v''}{dt}$."

D'Alembert ajunge astfel (cel puţin pentru mişcările plane sau de revoluţie) la ecuaţiile generale ale hidrodinamicii, ceea ce face din acest *Eseu* o adevărată lucrare de pionierat.

Studiind un obstacol solid imobil într-un curent de fluid, d'Alembert observă că dacă acest obstacol este simetric, iar fluidul omogen, nelimitat şi fără greutate, „corpul nu va suferi nici o presiune a fluidului, ceea ce este contrar experienţei". D'Alembert întîlneşte aici, fără să îndrăznească încă să-l afirme, paradoxul curios pe care, mai tîrziu, în lucrarea sa *Opuscules* îl va lăsa „să fie clarificat de geometri". Acest paradox, cel mai celebru din hidrodinamică, exprimă discrepanţa cea mai flagrantă dintre experienţa cea mai obişnuită şi teoria cea mai puţin împovărată de ipoteze arbitrare. Toate străduniile mecanicienilor vor tinde să găsească căi de ieşire.

HIDRODINAMICA LUI EULER. Opera lui Euler în mecanica fluidelor este imensă şi se referă atît la domeniul teoriei generale, cît şi la aplicaţiile cele mai variate. Va trebui să ne mărginim aici doar la o scurtă analiză a memoriilor Academiei din Berlin, în care Euler a studiat principiile generale ale echilibrului şi mişcarea fluidelor (1755).

În hidrostatică, Euler examinează un fluid compresibil sau nu, supus unor forţe date oarecare.

„Generalitatea pe care o îmbrăţişez, spune el, în loc să ne orbească puterea de înţelegere, ne va descoperi mai degrabă adevăratele legi ale naturii în toată strălucirea lor şi vom găsi raţiuni încă mai puternice pentru a-i admira frumuseţea şi simplitatea."

Euler pune aici în aplicare, generalizîndu-l, chiar principiul lui Clairaut. El are meritul de a introduce explicit presiunea şi de a o lega în fiecare punct de forţa exterioară dată.

În hidrodinamică, Euler stabileşte, în întreaga lor generalitate şi în forma lor definitivă, ecuaţiile mişcării unui fluid perfect compresibil, precum şi ecuaţia de continuitate, care exprimă conservarea masei.

Lagrange a putut să declare că, graţie lui Euler, „toată mecanica fluidelor a fost redusă la un singur punct de analiză". Dar dificultatea învingerii acestui „punct" rămînea extremă, şi Euler îşi dădea pe deplin seama de aceasta.

Să mai reţinem cum, cu oarecare ironie, ascunsă sub vălul modestiei, Euler situa propriile sale lucrări de hidrodinamică în raport cu cele ale contemporanilor săi:

„Oricît de sublime ar fi cercetările asupra fluidelor pe care le datorăm domnilor Bernoulli, Clairaut şi d'Alembert, ele decurg atît de firesc din cele două formule generale ale noastre, încît nu vom putea să admirăm îndeajuns această concordanţă a profundelor lor meditaţii cu simplitatea principiilor din care am dedus cele două ecuaţii şi către care am fost condus imediat de cele dintîi axiome ale mecanicii".

D. REZISTENȚA MATERIALELOR ȘI DATELE EXPERIMENTALE

LEGILE LUI COULOMB ASUPRA FRECĂRII. Încă din anul 1699, Amontons enunțase legea proporționalității dintre frecare și presiunea reciprocă a corpurilor în contact. F. J. de Camus (1722) și Desaguliers (1732) arătaseră că frecarea de repaus este mai mare decît frecarea de mișcare.

Dar cel ce avea să răspundă dorinței Academiei de științe, care cerea în 1781 experiențe noi „făcute în mare" și aplicabile scripeților, cabestanelor și cablurilor folosite în marină a fost Coulomb, pe atunci căpitan de geniu.

Memoriul lui Coulomb, publicat în 1785, în columul X din *Mémoires des savants étrangers*, este un model de metodă experimentală. Legea cantitativă la care ajunge el este că, pentru a trage pe un plan orizontal o greutate oarecare, trebuie să cheltuiești o forță proporțională cu această greutate, mărită cu o mică constantă, depinzînd de „aderența" suprafețelor. Coulomb a stabilit și legile cantitative ale rigidității cablurilor.

BORDA ȘI REZISTENȚA FLUIDELOR. Meritul cavalerului de Borda este de a fi studiat probleme de hidraulică fără să neglijeze pierderile de energie. Astfel de pierderi apar în scurgerea unui fluid printr-o conductă care se lărgește sau se îngustează brusc. Borda asemuiește acest fenomen cu o ciocnire cu pierdere de forță vie, adică, în limbajul timpului, cu o ciocnire între corpuri dure. El calculează această pierdere de forță vie, stabilind, într-un caz particular, teorema lui Carnot, înainte ca acesta să o fi formulat.

De altfel Borda experimentează, în mod sistematic, rezistența fluidelor și, în particular, rezistența aerului (1763). El arată că această rezistență este un fenomen global și că nu se poate spera să fie atins prin integrare, plecînd de la o lege elementară simplă. Borda studiază apoi rezistența apei și respinge teoriile newtoniene (1767). În sfîrșit, în legătură cu rezistența oblică, Borda arată că legea sinusului pătrat nu se verifică și că, la incidențe mici, rezistența nu scade proporțional cu sinusurile (la puterea întîi).

La experiențele lui Borda trebuie să adăugăm pe cele efectuate de abatele Bossut (iulie-septembrie 1775) au ajutorul unor modele reduse la scară, în bazinul Școlii militare, ca și cele ale lui P.L.G. du Buat.

MECANICA LUI LAZARE CARNOT ȘI NOȚIUNEA DE LEGĂTURĂ. Încă din anul 1783, Lazare Carnot publică o lucrare, *Essai sur les machines en général*, pe care avea s-o dezvolte în 1803, sub titlul de *Principes fondamentaux de l'équilibre et du mouvement*. Carnot a fost primul care a afirmat caracterul experimental al principiilor mecanicii, aceasta în opoziție cu ideile profesate de Euler și d'Alembert. El deduce legile mecanicii pornind de la observații raționale asupra fenomenelor ciocnirii, reducînd acțiunea unei forțe continue, cum ar fi greutatea, la cea a unei serii de ciocniri infinit mici.

În mecanica sistemelor, Carnot introduce noțiunea de *mișcare geometrică:* o astfel de mișcare n-are nici un efect asupra acțiunilor reciproce care se exer-

cită sau ar putea să se exercite între corpurile sistemului; ea depinde numai de legăturile dintre corpurile sistemului.

Mișcările geometrice ale lui Carnot au devenit, în sensul astăzi clasic, deplasări virtuale compatibile cu legăturile dintre corpurile sistemului.

Carnot stabilește, în cazul ciocnirii corpurilor dure, o teoremă care-i poartă numele și care arată că pierderea totală de forță vie este egală cu suma forțelor vii datorate vitezelor pierdute.

Carnot se mai ocupă și de travaliul forțelor interioare ale ființelor vii: un animal poate să fie asimilat, din punctul de vedere al mecanicii, cu un ansamblu de corpuscule separate prin resorturi mai mult sau mai puțin comprimate, și a căror forță vie latentă poate fi transformată în forță vie reală.

Ideile lui Carnot, a căror originalitate este incontestabilă, l-au inspirat pe Laplace, pe Barré de Saint-Venant și, fără îndoială, și pe Coriolis.

E. MECANICA ANALITICĂ A LUI LAGRANGE

MECANICA ANALITICĂ. Lucrarea *Mécanique analytique* a lui Lagrange, apărută în prima ediție în anul 1788, a încununat edificiul clădit de marii geometri ai secolului al XVIII-lea. Programul acestui mare tratat este enunțat în modul următor:

„Să se reducă teoria mecanicii și arta de a rezolva problemele legate de ea la formule generale, a căror simplă dezvoltare să dea toate ecuațiile necesare pentru soluția fiecărei probleme.

Să se reunească și să se prezinte, din același punct de vedere, diferitele principii găsite pînă acum pentru a ușura rezolvarea problemelor de mecanică, să se arate dependența lor reciprocă să se facă posibilă judecarea justeței și importanței lor".

Lagrange mai adăuga, pentru a caracteriza stilul matematic al operei sale:

„În această lucrare nu se vor găsi figuri. Metodele pe care le expun aici nu cer nici construcții, nici raționamente geometrice sau de mecanică, ci numai operații algebrice supuse unui mers regulat și uniform. Cei cărora le place analiza vor vedea cu plăcere cum mecanica devine o nouă ramură a ei și îmi vor mulțumi de a fi extins astfel acest domeniu."

Lagrange leagă toată statica de principiul pe care îl denumește încă cel al *vitezelor virtuale*. Dar nici chiar acest principiu „nu este destul de evident prin el însuși pentru a putea fi ridicat la rangul unui principiu prim". El poate fi dedus din alte două principii — al pîrghiei și al compunerii forțelor. Dar Lagrange preferă să-l fundamenteze direct pe anumite proprietăți simple ale scripeților și ale firelor.

Pentru a rezolva problemele de statică, Lagrange introduce o metodă foarte generală și foarte simplă, zisă a *multiplicatorilor*, care permite să se calculeze lucrul virtual al reacțiunilor.

În dinamică, Lagrange nu ia poziție în mod explicit între Euler și d'Alembert, adică între școala forței și cea a masei. El nu revine asupra dinamicii punctului, pe care o consideră ca elucidată în lucrările predecesorilor săi, îndreptîndu-și toate eforturile asupra formulării celei mai generale a dinamicii sistemelor.

Lagrange analizează succesiv cele patru principii ale dinamicii: conservarea forțelor vii, conservarea mișcării centrului de greutate, conservarea momentelor sau principiul ariilor, principiul minimei acțiuni.

Primul dintre aceste principii, observă în mod just Lagrange, își are originea la Huygens, într-o formă diferită de cea dată de Leibniz și de Jean Bernoulli. Al doilea principiu i se datorează lui Newton. Al treilea principiu, descoperit de Euler, Daniel Bernoulli și d'Arcy, nu este decît generalizarea unei teoreme a lui Newton referitoare la mai multe mobile, atrase de un singur centru.

Lagrange califică drept „vagă și arbitrară" concepția lui Maupertuis. El se raliază metodei lui Euler, „care numai ea merită atenția geometrilor", și o generalizează la cazul unui sistem de corpuri care acționează unele asupra altora în mod oarecare. Nu putem relua aici în amănunt analiza care i-a permis lui Lagrange să stabilească ecuațiile generale ale dinamicii sistemelor într-o formă a cărei concizie și eleganță n-au fost niciodată întrecute.

Vom spune numai că Lagrange traduce echivalența cu zero a rezultantei ansamblului format de forțele aplicate și de forțele de inerție ale diferitelor elemente ale sistemului material, scriind că lucrul total al acestor forțe este nul pentru orice deplasare virtuală compatibilă cu legăturile. Aceste legături sînt presupuse perfecte, adică fără frecări sau rezistențe pasive, și, în general, pot depinde de timp.

Lagrange reușește să exprime ansamblul termenilor relativi la forțele de inerție ale diferitelor elemente ale sistemului, în funcție de derivatele exclusiv ale forței vii totale, care este o funcție de parametri de poziție q și de derivatelor lor de ordinul întîi q' în raport cu timpul, și anume funcție pătratică de acestea din urmă. „Ecuațiile lui Lagrange", rămăse celebre sub această denumire și care continuă să fie aplicate în lumea întreagă, au deci următoarea formă canonică:

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\frac{\partial T}{\partial q'}\right) - \frac{\partial T}{\partial q} = \frac{\partial U}{\partial q},$$

unde $2T$ este forța vie totală, U funcția forțelor aplicate, iar q unul dintre parametri. Deoarece sînt tot atîtea ecuații cîți parametri, aceasta permite să se obțină totdeauna, prin integrare, soluția problemei mișcării, și anume să se determine parametrii în funcție de timp.

Conservarea forțelor vii apare astfel ca un simplu corolar al ecuațiilor lui Lagrange. Ea nu se verifică decît numai dacă legăturile sistemului — presupuse tot timpul ca perfecte — sînt independente de timp.

Tot astfel și principiul minimei acțiuni este o consecință a ecuațiilor lui Lagrange pentru mișcarea generală a unui sistem de corpuri supuse la forțe reciproce de atracție sau atrase de un centru fix. Acest principiu revine la

aceea că suma forțelor vii instantanee ale tuturor corpurilor este un extremum din momentul în care corpurile pleacă din puncte date pînă în momentul în care ele ajung în alte puncte date. De aceea Lagrange propune ca el să fie denumit *principiul celei mai mari sau celei mai mici forțe vii*.

Mécanique analytique a lui Lagrange conține o mulțime de probleme asupra cărora nu putem insista. Menționăm numai, fără a părăsi dinamica solidelor, că Lagrange studiază în amănunt problema mișcării unui corp greu de revoluție, suspendat de un punct al axei sale și reduce această problemă la cvadraturi eliptice.

Lagrange mai dă o metodă generală de aproximație pentru rezolvarea problemelor de dinamică — și mai cu seamă a problemelor puse de mecanica cerească —, metodă bazată pe variația unor constante arbitrare.

Lagrange elaborează teoria deplasărilor mici, studiază stabilitatea echilibrului și verifică faptul că echilibrul este stabil cînd potențialul forțelor date este minim.

În hidrodinamică, numele lui Lagrange a rămas legat de variabilele care permit urmărirea unui element fluid în mișcarea sa, în timp ce variabilele numite ale lui Euler se leagă de vitezele fluidului la un moment dat, într-un punct geometric. Se cuvine totuși să notăm că Euler recursese, în unele cazuri, la variabile de tip lagrangean.

Lui Lagrange i se datorește o teoremă fundamentală asupra permanenței caracterului nerotațional al mișcării unui fluid, atunci cînd forțele care depind de masă, aplicate fluidului, depind de un potențial și cînd presiunea fluidului este o funcție determinată de densitatea acestuia. Lagrange a studiat și mișcarea unui fluid într-un canal puțin adînc și a arătat că mișcarea este guvernată de o ecuație asemănătoare celei a sunetului.

■

Unii cititori vor găsi poate că am insistat mai mult asupra dezbaterilor de principiu care au frămîntat secolul al XVII-lea decît asupra operei marilor geometri care au dat mecanicii structura rămasă definitivă în domeniul clasic. Scuza noastră este că istoricul trebuie să urmeze drumul plin de neprevăzut și presărat cu obstacole pe care au mers inventatorii — pe cînd Euler și Lagrange sînt, dimpotrivă, direct accesibili cititorului modern și teoriile lor continuă să fie predate în forma în care au fost expuse de ei. Desigur, în nici un domeniu, credința raționalistă a secolului luminilor, în posibilitatea de a supune analizei matematice natura, n-a avut un succes mai mare decît în mecanică. D'Alembert putea să afirme că spiritul de calcul izgonise spiritul de sistem; acest spirit era, dacă nu moștenitorul direct — căci anumite neliniști metafizice ale marelui secol puteau fi considerate gratuite din punctul de vedere al științei pozitive — cel puțin debitorul incontestabil al spiritului de sistem: sarcina de organizare nu devenise posibilă decît după o naștere dureroasă a principiilor. Mai mult, potrivit mărturiei lui d'Alembert însuși, spiritul de calcul nu putea să nu se izbească de limite, iar în hidrodinamică de riscul de a proclama cu prea multă ușurință simple formule matematice drept adevăruri fizice. În felul acesta în mecanică apăreau noi teme de cercetare.

CAPITOLUL III
Cunoaşterea sistemului solar

Sinteza magnifică pe care a făcut-o Newton, la sfîrşitul secolului al XVII-lea, înglobînd cvasitotalitatea cunoştinţelor astronomice ale tipului său, determină şi orientează de acum înainte cercetările din acest domeniu. Problemele de rezolvat sînt puse sau se vor pune; tratarea lor matematică va conduce, în decurs de două secole, la edificarea a ceea ce constituie astăzi *mecanica cerească* clasică; confruntarea teoriei cu măsurătorile conduce la avîntul *astronomiei de poziţie*.

Condiţiile de lucru evoluează ca urmare a unor împrejurări ce vor fi regăsite puţin mai tîrziu şi în celelalte domenii ştiinţifice. Cercetările fiind profilate şi cu subiecte variate, ele încep a fi efectuate de specialişti; acesta este stadiul în care începe acumularea rapidă a rezultatelor şi în care curba progresului capătă alura exponenţială azi comună tuturor domeniilor. Lucrările se vor efectua, în principal, în centre importante, în serviciul unor state destul de puternice ca să asigure savanţilor lor şi mijloace materiale suficiente, şi o continuitate devenită necesară pentru punerea în valoare a datelor experimentale, continuitate pe care nesiguranţa vremurilor o face aproape peste tot precară. Exceptînd astronomia matematică, majoritatea rezultatelor vor fi de fapt obţinute în Franţa şi în Anglia[1]; Observatorul din Paris, adevărat strămoş al centrelor de cercetare naţionale, a fost înfiinţat în anul 1667, iar cel din Greenwich — opt ani mai tîrziu. În afara Europei nu se poate menţiona într-adevăr nimic: aparatajul rudimentar, utilizat în mod fructuos în secolele trecute, mai cu seamă în lumea arabă, pierde definitiv orice randament.

Cu toate perfecţionările utilajului, universul stelar, încă puţin accesibil, nu va fi în decursul secolului decît obiectul unei descrieri sumare. Cercetările vor rămîne concentrate asupra aştrilor sistemului solar. Guvernele, preocupate din motive de ordin comercial şi militar de progresul navigaţiei şi geografiei, orientează în parte aceste lucrări şi le încurajează cu eficacitate.

[1] În acea epocă există sau se creează un mare număr de observatoare, de universităţi sau de academii, echipate mediocru, care vor deveni de-abia mai tîrziu celebre, ca acela din Leiden, din Petersburg sau din Italia. — *N.A.*

A. SUCCESUL ÎNTÎRZIAT AL LEGII GRAVITAȚIEI UNIVERSALE

Prima ediție a lucrării *Philosophiae naturalis principia mathematica*, din anul 1687, nu a fost tipărită decît în 250 de exemplare, a doua ediție din 1713, în 750 de exemplare; au apărut apoi ediția din 1726, traducerea engleză a lui Motte în anul 1729, traducerea franceză a marchizei du Châtelet în anul 1756[2], apoi multe altele.

Legea atracției universale, trebuie să o constatăm, nu răspunde nici unei necesități a oamenilor de știință de pe continent, de multă vreme adepți ai cartezianismului. Mișcările corpurilor cerești fac parte, pentru ei, dintr-o stare de lucruri naturală; lor le repugnă ipoteza artificială a unei acțiuni la distanță, prin caracterul ei irațional, aproape magic. Newton s-a ferit de a o considera mai mult decît o interpretare, *hypotheses non fingo;* dar, atît timp cît ea nu va fi decît o ipoteză, nu i se va vedea utilitatea.

Teoria ar fi putut să se impună în mod strălucit datorită explicării de către Newton a principalelor neregularități din mișcarea Lunii; dar raționamentele geometrice ale lui Newton sînt aproximative și valabilitatea acestora nu va putea fi evaluată exact decît mai tîrziu, prin comparație cu rezultatele tratării problemelor pe cale analitică; cartezienii, care au văzut în acest raționament o justificare elaborată ad-hoc, nu pot fi invinuiți, sistematic, de idei preconcepute.

Cei doi mari matematicieni contemporani ai lucrării *Principia*, Huygens și Leibniz, au atitudini critice, dar foarte diferite. Primul, ale cărui lucrări asupra mișcării circulare, îi indicaseră lui Newton calea descoperirilor sale, admite, încă din anul 1690, explicarea mișcării planetelor prin legea inversului pătratului distanței, dar contestă atracția *reciprocă* a particulelor; după părerea lui, greutatea este o atracție către centrul Pămîntului și ea este constantă; el va verifica totuși ambele legi (forță constantă sau forță invers proporțională cu pătratul) în calculul teoretic al turtirii Pămîntului, adică el pune la îndoială echivalența greutății cu forța de atracție asupra Lunii, fără a o respinge sistematic; el nu vrea să se pronunțe decît pe baza unor probe materiale, care însă nu vor fi încă acumulate în momentul morții lui, în anul 1695. Dimpotrivă, reacția lui Leibniz este pur negativă și s-ar putea ca ea să fie cea care l-a împiedicat să facă descoperirile care vor aștepta venirea unor Clairaut, d'Alembert, Euler, cincizeci de ani mai tîrziu.

În timpul acestei jumătăți de secol, opoziția dintre cartezieni și newtonieni stimulează cercetările experimentale; deci nu este exactă afirmația că teoria lui Newton ar fi avut pe atunci un rol neglijabil, și cu atît mai puțin că ea ar fi fost puțin cunoscută de cei interesați. Răspîndirea ei în rîndurile marelui public se datorește lui Voltaire, care asistase, în anul 1727, la fune-

[2] Deoarece trimiterile franceze la lucrarea lui Newton se referă la acest text, a cărui fidelitate nu este absolută, ele sînt discutabile. Nu există o ediție critică franceză a lucrării *Principia*. Semnalăm recenta reeditare în facsimil a traducerii marchizei du Châtelet (Paris, 1966). — *N.A.*

raliile lui Newton și care aducea, în bagajul său, lucrarea *Principia;* entuziasmul lui Voltaire a fost considerat ca ofensator pentru Descartes, provocînd scandal, ceea ce lui nu-i displăcea de loc. Dar, șapte ani mai tîrziu, Academia de Științe din Paris acorda un premiu lui Daniel Bernoulli, pentru un memoriu conceput în anul 1732, consacrat problemei celor două corpuri: găsim aici, pentru prima oară, transpunerea analitică a teoriei lui Newton. În ochii matematicienilor, vîrtejurile lui Descartes, inaccesibile calculului, s-au evaporat imediat. Ceilalți refractari și-au schimbat părerea, în general, în anul 1737, cînd a fost stabilită turtirea Pămîntului în concordanță cu teoria atracției. În sfîrșit, revenirea cometei lui Halley, în anul 1759, a determinat adeziunea opiniei publice.

B. INSTRUMENTELE ASTRONOMIEI DE POZIȚIE

Măsurarea poziției aștrilor din sistemul solar și a stelelor strălucitoare a fost marea preocupare a astronomilor din secolul al XVIII-lea; știința *astronomiei* este creația lor.

Calitatea cerută instrumentelor este precizia, nu puterea; ele trebuie să fie stabile și să nu fie supuse deformărilor. Tipul general este *sectorul* (*sextant* sau *sfert de cerc*, după unghiul său), apoi mai tîrziu *instrumentul meridian*.

SECTOARELE. Sectorul cuprinde o lunetă mobilă într-un plan în jurul unui ax perpendicular situat în apropierea obiectivului. Rotirea se măsoară pe un arc gradat, un fir cu plumb suspendat de axul de rotație permițînd reperarea pe arc a verticalei.

Ansamblul poate fi orientabil, în acest caz fiind legat de un suport printr-un pivot cu axă verticală; luneta este solidară cu sectorul gradat. Sectoarele mari sînt murale, amplasate în planul meridian, doar luneta fiind mobilă.

Pînă la descoperirea acromatizării, obiectivul lunetei este format dintr-o lentilă simplă, de un diametru mic (cîțiva centimetri), cu distanță focală mare (cîțiva metri); ocularul este de asemenea simplu, plan-convex — ocularul lui Kepler. Ultimul instrument fără lunetă, și în care vizarea se face cu ochiul liber — o alidadă cu pinule care materializează direcția de observație — este cel al lui Hevelius, mort în 1687; primul care a folosit un sector înzestrat cu lunetă cu reticul a fost abatele Picard, în anul 1669.

Instrumentele erau pînă atunci construite de meșteșugari sau de astronomii înșiși; primele instrumente de înaltă precizie vor fi construite de *artiști* renumiți (așa li se va spune). Sectoarele păstrate astăzi în colecții poartă pe limb numele francezului Langlois, ale englezilor Graham, Bird și Ramsden; acestor constructori, a căror răbdare și extraordinară îndemînare au compensat insuficiențele tehnicii, le revine o parte din meritul rezultatelor obținute.

OBSERVAREA ÎNĂLŢIMILOR. Observarea înălţimilor se face, reperînd, pe lîngă direcţia lunetei pe arc, poziţia imaginii în raport cu un fir orizontal fix, situat în planul focal al obiectivului. *Micrometrul*, inventat în secolul precedent, va fi dezvoltat, de către danezul Römer, pînă aproape de starea în care este cunoscut astăzi; el cuprinde, paralel cu firul fix, un fir mobil, a cărui deplasare se măsoară prin rotaţia şurubului care o produce; steaua este vizată cu ajutorul firului mobil. Precizia măsurătorilor depinde de regularitatea pasului şurubului şi de absenţa jocului în dispozitivul care antrenează firul; aceste două calităţi nu au fost dobîndite decît treptat. Observaţiile lui Bradley, al căror rol îl vom vedea mai tîrziu, îşi datorează precizia unui alt procedeu, numit al *şurubului exterior;* nu mai există un micrometru în planul local, dar un şurub micrometric permite măsurarea deplasării lunetei, făcută pentru a observa steaua în dreptul firului fix, după ce în prealabil s-a înregistrat diviziunea, aflată în dreptul firului cu plumb, a limbului, solidar aici cu luneta.

OBSERVAREA TRECERII LA MERIDIAN. Determinarea momentului trecerii la meridian nu a prezentat interes decît din ziua în care au existat ceasornice suficient de precise pentru a permite măsurarea lui cu o precizie comparabilă cu cea a măsurării înălţimii; aceasta din urmă, care variază în epoca aceea între 10 şi 1″, după natura observaţiilor, corespunde, pentru deplasarea care traduce mişcarea diurnă, unui interval de timp cuprins între 1 şi 0,1 s, dacă este vorba de o stea destul de îndepărtată de pol. După inventarea de către Huygens, în anul 1657, a pendulului cu regulator, au fost făcute mari eforturi pentru îmbunătăţirea ceasornicelor; dar variaţiile neprevăzute pe care, în general, le prezintă acestea inspiră oarecare neîncredere astronomilor. În urma perfecţionării regulatorului de către Graham (1715), eliminării efectelor termice asupra regulatorului (eprubeta cu mercur a lui Graham, 1726, grila bimetalică a lui Harrison, către anul 1730) se revine la observarea trecerii la meridian pe care înainte numai Picard o practicase în mod sistematic.

În planul focal sînt dispuse în mod simetric mai multe fire perpendiculare pe firul orizontal. Momentele trecerilor în dreptul acestor fire sînt evaluate prin procedeul de observare *cu ochiul şi cu urechea*, imaginat de Bradley şi care va fi folosit timp de o sută cincizeci de ani, pînă la realizarea aparatelor înregistratoare electrice: se numără bătăile unei pendule care bate secunda şi se notează vizual poziţiile pe care steaua le ocupă cînd au loc bătăile care încadrează momentul trecerii peste fir; în acest fel, secunda poate fi fracţionată în zecimi.

INSTRUMENTE MERIDIANE. Deşi procedeul lui Bradley nu este lipsit de unefect sistematic depinzînd de observator, eroarea principală a acestor măsurători consta în lipsa de rezistenţă la deformări laterale a sectorului mural; axul unei lunete cu un focar de 2 m se deplasează cu 10″dacă extremitatea mobilă suferă o deplasare transversală de 0,1 mm; or, această precizie a ghidajului extremităţii este departe de a fi asigurată printr-un contact cu un arc metalic cu raza de 2 m. Totuşi încă din anul 1960, Römer realizează a sa *machina domestica*,

primul instrument de trecere la meridian, pe care îl instalează în ambrazura unei ferestre din locuința sa, la Copenhaga. El prezintă caracteristicile principale ale unui instrument modern: axul de rotație trece prin mijlocul lunetei, al cărui tub este format din două conuri împreunate la bază; îndoirea axului este evitată printr-un sistem de contragreutăți care echilibrează greutatea lunetei; firele micrometrului sînt luminate. Realizare fără viitor; ingenioasele dispozitive ale lui Römer nu vor fi regăsite decît mult mai tîrziu, după dibuiri de neiertat.

Aceeași soartă era hărăzită și descoperirii sale *rota meridiana*, primul *cerc meridian*, pe care Römer îl folosește începînd din anul 1704, pentru observarea înălțimilor meridiane. Ca și în instrumentele moderne, cercul este complet, solidar cu luneta; ansamblul este purtat de un ax de rotație, care se sprijină pe niște suporți. Indiferența cu care a fost primit acest aparat se explică de data aceasta mai ușor: dimensiunea necesarmente redusă a cercului și a lunetei nu era compatibilă cu marile distanțe focale ale obiectivelor simple, impuse de necesitatea reducerii consecințelor aberațiilor lor cromatice.

OBIECTIVE COMPUSE. *Acromatizarea* obiectivelor este o descoperire de pe la mijlocul secolului[3]. Pînă atunci, obiectivele erau formate dintr-un singur fel de sticlă.

Aberația cromatică dispersează de-a lungul axului focarele culorilor extreme; imaginea, pată irizată, nu este mică decît dacă fasciculul este foarte îngust, adică dacă deschiderea obiectivului este foarte mică; se foloseau obiective a căror apertură (raportul dintre diametru și distanța focală) mergea de la 1/50 pentru cele mici (2-3 cm) la 1/300 pentru cele mari.

Începînd din anul 1758, opticianul englez Dollond produce în mod curent dubletul acromatic clasic, constituit dintr-o lentilă convergentă din sticlă ordinară și o lentilă divergentă din cristal de plumb special, sau *flint*.

Teoria *aberațiilor* (geometrice și cromatice) ia naștere puțin mai tîrziu, și, aproape imediat, optica obiectivelor este elaborată în întregime. Aceasta este opera remarcabilă a lui Clairaut și d'Alembert; cercetările lor simultane se situează între anii 1760 și 1768 și rezultatele lor se completează unele pe altele; se face analiza aberațiilor de gradul trei și se dau procedeele de corectare; Clairaut calculează și realizează primele și excelentele obiective aplanatice.

C. DE LA DIRECȚIILE APARENTE ALE AȘTRILOR LA DIRECȚIILE MEDII

Direcția aparentă a unui astru este determinată prin cunoașterea a două distanțe unghiulare (*declinația* și *ascensia dreaptă*) definite în raport cu planele fundamentale, ecuatorul ceresc și ecliptica. Observările efectuate

[3] A sevedea, în legătură cu acest subiect, studiul d-nei, M.A. TONNELAT, pp.519—520.

în două epoci diferite nu ar putea fi direct comparabile decît dacă Pămîntul și planele fundamentale ar fi imobile. Mișcarea Pămîntului introduce în determinarea direcției adevărate eroarea de *aberație;* mișcările planurilor fundamentale introduc în determinarea coordonatelor o eroare datorată fenomenului de *precesie*, termen secular (adică cumulativ), și una datorată fenomenului de *nutație*, termen periodic care determină oscilarea valorilor coordonatelor în jurul valorilor medii. Pentru a putea utiliza o observație este firește necesar să se treacă în prealabil de la direcția *aparentă* a unui astru la direcția sa *medie*.

Din aceste trei efecte, dacă al doilea, cunoscut de mult, a fost explicat de Newton, primul și al treilea vor fi descoperite și interpretate în 1728 și în 1737; în felul acesta, la începutul secolului, s-a constituit în cea mai mare parte unul dintre capitolele majore ale astronomiei; e curios că aceasta a avut loc, în legătură cu o problemă care, dimpotrivă, nu-și va mai găsi rezolvarea decît în secolul următor: determinarea *paralaxelor stelare*.

Efectul de paralaxă este, în general, variația pe care o suferă, în raport cu un sistem de referință fix, direcția ce unește două puncte aflate în mișcare relativă. Unul dintre elementele acestui efect este distanța dintre cele două puncte; termenul de *paralaxă* este folosit de astronomi spre a desemna deschiderea unghiulară sub care se vede la această distanță o lungime convențională (raza medie a Pămîntului dacă este vorba de un corp aparținînd sistemului solar, raza orbitei terestre dacă este vorba de stele). Prin urmare, distanțele, care la scară astronomică nu au, riguros vorbind, o semnificație precisă, sînt caracterizate prin deschideri unghiulare.

Dacă Pămîntul se rotește în jurul Soarelui, direcția aparentă a unei stele apropiate care s-ar găsi în regiunea polului eclipticii trebuie să sufere o mișcare de rotație anuală în raport cu direcțiile stelelor foarte îndepărtate de noi (în raport cu care aceeași mișcare este insensibilă), amplitudinea deplasării fiind tocmai paralaxa stelei; în altă direcție decît cea a polului eclipticii, trebuie să se constate o mișcare de aceeași perioadă, mișcare mai puțin simplă dar ușor de calculat. Decelarea paralaxelor stelare constituia un mijloc decisiv de stabilire a materialității mișcării Pămîntului în jurul Soarelui, pînă atunci simplă certitudine matematică.

DESCOPERIREA ABERAȚIEI. Se putea spera că un efect de paralaxă va putea fi pus în evidență plecînd de la genul de măsurare care oferea garanția cea mai mare în acea epocă: măsurarea distanței zenitale, în momentul culminației, a unei stele pentru care această distanță este mică, această precauție micșorînd influența refracției; timp de șaizeci de ani aceeași stea, γ Draconis a fost supusă verificării.

Hooke începe să o observe din 1669 și găsește o variație anuală de aproximativ 30″; el crede că a izbîndit. Calitatea măsurătorilor este însă mediocră. Picard, părintele astronomiei de precizie, constată, puțin după aceea, pentru Steaua Polară, o variație anuală de 40″; se stabilește că, deși efectiv prezentă, ea nu concordă în direcție, cu o variație paralactică. Diferite confirmări ale acestui efect neprevăzut sînt obținute pe γ Draconis. În această

situație Bradley, în anul 1727, dispune construirea,în mod special, a unui sector zenital de 4 m, prevăzut cu șurubul exterior descris mai înainte; acesta permitea explorarea în planul meridian a unui arc relativ mic de 12,5°, dar suficient pentru a permite supravegherea a 200 de stele; erorile de măsurare nu depășeau 2". În scurt timp, Bradley observă o modificare a pozițiilor aparente ale *tuturor* stelelor; după un an, toate direcțiile revin la pozițiile lor inițiale; fapt surprinzător, amplitudinea abaterilor tuturor direcțiilor se vădește a fi aceeași; mai mult, fenomenul este asemănător cu cel așteptat datorită paralaxei, cu deosebirea că prezintă o întîrziere de șase luni: deviația nu se produce în direcția razei Soare-Pămînt, ci în direcția perpendiculară, care este foarte apropiată de cea a mișcării Pămîntului.

Teoria newtoniană a emisiei luminii îi permite lui Bradley să interpreteze deviația ca rezultatul aparent al compunerii vitezei razei de lumină incidente și a vitezei Pămîntului în cursul mișcărilor sale anuale. Abaterea care rezultă sau *aberația fixelor* ia valoarea maximă atunci cînd vectorii celor două viteze sînt perpendiculari; în acest caz, valoarea aceasta este cea a *aberației solare* sau unghiul cu care Pămîntul se deplasează în timpul cît îi trebuie luminii Soarelui să ajungă pînă la el. Datorită celebrei descoperiri făcută de Römer în anul 1675 a *mișcării succesive a luminii*, se cunoștea că aberația solară este de circa 20"[4].

În septembrie 1728, Bradley ne dă explicația acestor deplasări aparente de semiamplitudine egală cu 20"; expunerea sa, comunicată la Royal Society din Londra, apare imediat în „Philosophical Transactions", avînd un mare răsunet. Mișcarea efectivă a Pămîntului în jurul Soarelui era astfel stabilită, și într-un mod cu totul altul decît cel așteptat.

Mai tîrziu, pentru a se explica aberația în cadrul teoriei ondulatorii, a trebuit să se recurgă la artificii anevoioase; astăzi, nu se mai poate defini atît de simplu traiectoria unei raze luminoase, pentru că trebuie scrisă în complexul spațio-temporal local, și explicația lui Bradley nu mai este satisfăcătoare; totuși, valoarea cu care trebuie corectat rezultatul interpretării sale geometrice fiind numai de ordinul al doilea, adică de 1/10 000 în valoare relativă, în valoarea numerică nu intervine nici o modificare.

NUTAȚIA. Căutarea paralaxelor stelare trebuia reluată; Bradley își continuă măsurătorile, eliminînd din observațiile sale aberația pe care o descoperise.

După cum s-a știut peste un secol, precizia de o secundă de grad era insuficientă pentru ca să poată apărea un efect de paralaxă, aștrii cei mai apropiați fiind mult mai îndepărtați decît se presupunea în acea epocă. Dar aceasta a permis, din totalitatea observațiilor, să se descopere, în anul 1737, și apoi să se determine, zece ani mai tîrziu, o *variație* complicată cu o perioadă de 18 ani.

Această perioadă este și aceea a revoluției liniei nodurilor Lunii. Or, Newton atribuise deplasarea axei de rotație a Pămîntului acțiunilor Soarelui și ale Lunii asupra umflăturii ecuatoriale a Pămîntului; Bradley a dedus de aici că oscilația, de 18 ani, a poziției relative a planului orbitei lunare în raport cu

[4] A se vedea studiul lui G. WALUSINSKI, pp. 312—314.

planul ecuatorului terestru trebuia să introducă o variație de aceeași perioadă în mișcarea axei de rotație a Pămîntului; coordonatele stelelor sînt astfel raportate la un punct mobil și variază periodic.

Analiza datelor de observație l-a condus pe Bradley să atribuie, pentru axa elipsei de *nutație* pe care o descrie polul, valorile 18″ și 16″ (valorile admise astăzi sînt 18″ și 13″ 8).

REFRACȚIA ASTRONOMICĂ. Un fenomen cu totul diferit, dar care intervine în același mod ca și cele precedente în corectarea observațiilor aparente, este ridicarea aparentă pe care o suferă direcția unei raze luminoase în cursul trecerii prin atmosfera terestră. Acest fenomen, care la orizont depășește 30′ nu scăpase observatorilor din trecut, dar s-a socotit multă vreme că el este important numai în apropierea orizontului. Primii teoreticieni au arătat că deviația este continuă, descrescînd de la orizont și dispărînd numai la zenit: Kepler (care nu cunoștea legea sinusurilor) în anul 1604, apoi J.D. Cassini în anul 1666, pe cînd se afla încă la Bologna. Precizia măsurărilor nu permitea însă să se aprecieze în ce măsură aceste teorii sînt corecte.

De acum înainte este necesară o estimare mai corectă a refracției, care, la distanțe zenitale de 30°, depășește 30′′. Au fost elaborate diferite tabele. Cele ale lui Bradley, deduse din lungile sale serii de observații, au fost bine primite în Anglia. Bouguer, care a întocmit tabele cu caracter semiteoretic, a studiat totodată și două efecte importante, în cursul expediției la ecuator pe care o vom relata mai jos. El găsește, pentru refracția orizontală, o diferență de 3′ între valoarea la nivelul mării și cea măsurată la Quito, care este la aproape 3000 m altitudine. Pe de altă parte, el admite o scădere spre latitudinile joase, evaluată la 7′ între latitudinea 50° și ecuator; aici era vorba, în realitate, de influența temperaturii, influență doar bănuită de Bouguer. Oricît de imperfecte au fost toate aceste tabele, ele au permis, pentru distanțele zenitale mai mici de 45°, să nu se introducă în refracție erori mai mari decît cele de observație.

Cînd Laplace tratează problema în anul 1804, nimic pozitiv nu era încă înscris în contul teoriilor despre refracția atmosferică. Soluția dată de el nu va fi ulterior simțitor modificată, ea fiind satisfăcătoare față de slaba precizie cu care este definit fenomenul.

D. MIȘCĂRILE ÎN INTERIORUL SISTEMULUI SOLAR

Nu mișcările planetelor sînt cele care vor face la început obiectul cercetărilor majore; legile lui Kepler, care exprimă acțiunea principală, cea a Soarelui, le exprimă destul de exact. Dimpotrivă, atenția se va îndrepta spre studiul cometelor, aștri insoliți, și al Lunii, a cărei mișcare capricioasă îl făcea deja pe Pliniu cel Bătrîn să scrie că torturează mintea observatorilor, *torsit ingenia contemplatium*, și pe Newton că-i provoacă dureri de cap și insomnii.

COMETELE. De la Tycho Brahe se știa că cometele au o paralaxă insesizabilă și că nu aparțin deci atmosferei terestre. În ceea ce privește traiectoriile acestora, fuseseră date reprezentări empirice: rectilinii, circulare sau chiar parabolice. Extinzînd legea atracției asupra cometelor, Newton a dedus orbitele sub forma unor elipse alungite, care în zona din vecinătatea Soarelui, unde observarea lor este posibilă, sînt asimilabile unor parabole. El a dat o metodă de determinare a orbitei parabolice, pe baza a trei direcții observate, cu ajutorul unei construcții grafice și al unor aproximații succesive; metodă incompletă, dar a cărei precizie este foarte mulțumitoare, ținînd seama de precizia observațiilor la acea epocă.

Se știe că Halley a aplicat această metodă la determinarea orbitei cometei din anul 1681—1682[5]. El și-a propus să calculeze și orbitele cometelor vechi care fuseseră observate destul de bine, și a obținut elementele a 24 dintre ele; două aveau, cu o diferență mai mică de un grad, aceleași elemente unghiulare (fixînd poziția planului orbitei și pe aceea a axei sale), ca și cometa din anul 1682; periheliul a trei comete erau la aceeași distanță de Soare; anii de apariție 1531, 1607, 1682 concordau suficient pentru a permite să se considere că cei trei aștri sînt unul și același obiect, care descrie o orbită eliptică în 76 de ani. Punctul traiectoriei cel mai îndepărtat de Soare era determinat de valoarea axei mari a elipsei, dedusă din legea a treia a lui Kepler, și era astfel situat de optsprezece ori mai departe de Soare decît Pămîntul, sau de două ori mai departe decît cea mai depărtată dintre planetele cunoscute pînă atunci, Saturn.

Halley a prezis deci pentru anul 1758 reîntoarcerea cometei pe care o observase în 1681—1682. Reapariția astrului la data prevăzută, fapt asupra căruia vom mai reveni, a avut un răsunet considerabil; a fost un succes strălucitor pentru teoria lui Newton, avînd și o mare importanță psihologică în problema influențelor misterioase, în general malefice, pe care credința populară le atribuie obiectelor, care, aparent, nu se supun legilor naturale; aceste prejudecăți au fost profund zdruncinate și nu au reapărut decît destul de recent.

DETERMINAREA ORBITELOR. Altă cometă periodică nu a mai fost descoperită înaintea cometei lui Encke, în anul 1818; două treceri ale acesteia fuseseră observate la sfîrșitul secolului, dar nu suficient pentru ca să se pună în evidență legătura dintre ele. Dar activitatea de identificare a cometelor a fost pregătită de cercetările destinate să perfecționeze metoda lui Newton de calcul al orbitelor plecînd de la trei observații. Problema se exprimă geometric în termeni simpli: să se găsească o conică de focar cunoscut care taie trei direcții determinate în spațiu în astfel de puncte, încît suprafețele măturate de raza vectoare, cu originea în Soare de-a lungul celor două arce astfel definite, să fie într-un raport cunoscut (raportul celor două intervale de timp care separă cele trei observații). Rezolvarea nu este algebrică.

Cazul mișcării parabolice, singurul care interesa în epoca aceea datorită aplicării în cazul cometelor, a fost soluționat de Olbers, în anul 1790, în felul care mai este, în general, folosit și astăzi; un element important al acestei

[5] Vezi studiul citat al lui G. WALUSINSKI, p. 314.

metode este o formulă care leagă, pentru două poziții, intervalul de timp, razele și coarda; Euler publică această formulă încă în anul 1744. Această formulă este adeseori numită formula lui Lambert matematicianul care a regăsit-o, independent, cîțiva ani mai tîrziu și care are pe de altă parte meritul de a fi intuit rolul modest pe care-l are Calea Lactee în cadrul universului stelar.

Cazul mișcării eliptice a fost tratat teoretic de Laplace în anul 1780, și de Lagrange (în 1778 și 1783); diferitele lor metode nu au fost pînă astăzi încă realmente exploatate, nu este însă exclus ca aceea a primului dintre acești autori să nu poată fi făcută utilizabilă comod.

TABELELE LUNII. Acțiunea reciprocă a planetelor nu este neglijabilă. Newton a fost preocupat de această problemă; el a emis chiar ideea că dezordinea în mișcări pe care aceste acțiuni o provoacă are nevoie în mod periodic de intervenția divină; un bun subiect de critică pe care Leibniz nu l-a scăpat. În realitate, „dezordinea" datorată *perturbațiilor* este limitată, și privește, mai întîi de toate, Luna.

La mijlocul secolului al XIX-lea, tabelele Lunii, necesare pe vremea aceea navigatorilor, sînt încă de natură experimentală. Datele de observații trebuie să permită aflarea valorilor tuturor coeficienților *variațiilor*, stabilite pe baza măsurătorilor existente, și, mai tîrziu, pe cele prevăzute teoretic. Mai întîi Halley, apoi T. Mayer au întocmit tabele pe baza lungilor lor serii de observații; cele ale lui Mayer, editate în anul 1770, opt ani după moartea sa, au fost folosite multă vreme; parlamentul englez l-a plătit soției acestuia cu trei mii de lire sterline.

ACCELERAȚIA SECULARĂ A LUNII. Printre elementele complexe din mișcarea Lunii, *variația seculară* deține un loc special: în 1693 Halley, confruntînd datele eclipselor înregistrate din antichitate pînă atunci, constată că mișcarea Lunii în jurul Pămîntului se accelerează; ulterior, T. Mayer a evaluat creșterea medie a mișcării seculare la 13″, apoi la 18″ pe secol. Un astfel de efect nu putea fi contestat: el se traduce printr-o variație a poziției Lunii, care atinge un grad în douăzeci de secole.

Legea ariilor implică o scădere corelată a distanței dintre Lună și Pămînt, trebuind să conducă la o ciocnire; această catastrofă, deși foarte îndepărtată, a provocat îngrijorare. Spiritele preocupate de eternitatea planetei noastre s-au liniștit atunci cînd, în anul 1787, Laplace a stabilit legătura dintre această variație și cea a excentricității orbitei terestre, pe care o determinase. Într-adevăr o variație a distanței medii de la Pămînt la Soare se repercutează asupra distanței medii de la Lună la Soare; or, media mișcării Lunii depinde, în parte, de această ultimă distanță. Pînă la urmă, este vorba de o variație periodică, de slabă amplitudine, datorată perturbațiilor planetare ale orbitei terestre; dar perioada este atît de mare, încît, timp de mai multe mii de ani, fenomenul se desfășoară aproape uniform.

Concordanța dintre valoarea teoretică dată de Laplace și valoarea experimentală era perfectă, dar de fapt numai în aparență; termenii neglijați în calcul

au dus mai tîrziu la o creștere seculară de 14″; măsurările moderne duc valoarea observată pînă la 25″. Astăzi se știe că valoarea observată trebuie să fie în realitate corectată de influența unui efect important, care poate fi calculat tocmai pe baza valorii teoretice: unitatea care a servit la măsurarea timpului, ziua solară medie, crește secular, ca urmare a faptului că rotația terestră suferă o încetinire. Această pierdere de energie cinetică se datorește, în mare parte, mareelor, fiindcă viscozitatea apei nu este neglijabilă. Filozoful Kant intuise, încă în 1754, încetinirea rotației terestre și cauza acesteia.

PROBLEMA CELOR n CORPURI. Studiul analitic al mișcării Lunii este legat de studiul perturbațiilor, adică de studierea celebrei *probleme a n corpuri*: mișcarea a *n* puncte materiale care se atrag după legea lui Newton.

În cazul unei comete a cărei masă este neglijabilă, problema este simplificată: este suficient să se calculeze separat perturbațiile pe care le suferă orbita keplerianã ca urmare a influenței planetelor celor mai mari, sau de care cometa se apropie cel mai mult. Pe această cale a venit Clairaut să precizeze data reîntoarcerii la periheliu a cometei lui Halley, ținînd seamă de acțiunile lui Saturn și Jupiter. El a stabilit revenirea la 13 aprilie 1759, cu cîteva luni mai devreme decît data care rezulta din considerarea mișcării neperturbate; trecerea efectivă a avut loc încă și mai devreme cu o lună; precizia, și așa remarcabilă, nu putea fi mai bună, datorită valorilor puțin precise ale maselor celor două planete.

Mai complicată este problema planetelor care interacționează reciproc. Primul efect de acest gen a fost observat încă în 1675; Halley a remarcat variații de sens contrar în mișcările lui Jupiter și Saturn. Studiul perturbațiilor reciproce ale acestor două planete a fost propus ca subiect pentru premiul Academiei de Științe din Paris în anii 1748 și 1752; Euler a fost cel care a cîștigat ambele premii; cu acest prilej, el a introdus metoda astăzi clasică, care a primit ciudatul nume de *variația constantelor*; studiul soluției unui sistem de ecuații diferențiale se face plecînd de la un sistem aproximat, dar integrabil: constantele de integrare ale acestuia din urmă, exprimate în funcție de variabilele inițiale, sînt alese ca variabile noi.

Prin lucrările lui Clairaut, d'Alembert, Euler, Lagrange și Laplace, problema a fost, dacă nu rezolvată, cel puțin pusă într-o formă definitivă, care permite tratarea numerică a diferitelor cazuri. Dintre principalele rezultate ale acestei opere imense, ne vom mărgini să mai amintim cîteva dintre cele care pot fi enunțate simplu.

În 1749, d'Alembert dă precesiei o explicație mai riguroasă decît cea dată de Newton, iar nutației, descoperită cu abia doi ani în urmă, o interpretare matematică, care nu va fi perfecționată decît peste o sută de ani de către Poinsot.

Lagrange reduce problema celor trei corpuri la rezolvarea unui sistem de douăsprezece ecuații în diferențialele elementelor instantanee ale orbitei, clasicele *ecuații ale lui Lagrange* din mecanica cerească; acest sistem va sta la baza tuturor studiilor ulterioare, în particular, la baza lucrărilor lui Le Verrier; pe baza acestora s-au constituit tabelele planetelor.

STABILITATEA ŞI ORIGINEA SISTEMULUI SOLAR. Laplace şi Lagrange sînt autorii celebrului rezultat care afirmă *invariabilitatea axelor mari*; primul a arătat, în 1773, că, în aproximaţia de ordinul unu în raport cu masele şi de ordinul doi, în raport cu excentricităţile şi cu înclinaţiile, lungimea axelor orbitelor planetare nu suferă variaţii seculare; trei ani mai tîrziu, cel de-al doilea a înlăturat restricţiile referitoare la excentricităţi şi la înclinaţii, şi mai cu seamă a dat propoziţiei o demonstraţie admirabilă prin eleganţă şi simplitate. Dacă este just să se precizeze că acest rezultat nu stabileşte stabilitatea sistemului solar decît relativ, că Poisson l-a extins, în anul 1809, şi la aproximaţia de ordinul doi în raport cu masele, şi că numai mult mai tîrziu s-a constatat că rezultatul nu se mai menţine şi în aproximaţia următoare, nu trebuie totuşi uitat că problema reală, deşi foarte apropiată de cea matematică, se îndepărtează de aceasta din urmă — desigur mai mult prin efectele fizice neincluse, decît prin termenii neglijaţi în tratarea matematică.

Publicarea lucrării lui Laplace *Mécanique céleste* se eşalonează între anii 1799 şi 1825. Newton a făcut sinteza cunoştinţelor timpului său, Laplace a făcut analiza celor din epoca sa; multe dintre aceste cunoştinţe sînt de altfel rodul propriilor sale lucrări[6]. Alături de acest monument apare şi o modestă încercare de sinteză, sub forma unei note inserate în *l'Exposition du système du monde* (lucrare editată în 1796, apoi refăcută de mai multe ori); ipoteza formării sistemului solar, plecînd de la o nebuloasă primitivă care se răceşte treptat. Deşi în text nu există nici un calcul justificativ, lumea cultivată, căreia i se adresa lucrarea, şi-a dat seama că avea, pentru prima oară, în faţă, o reprezentare cosmogonică a naturii, realmente ştiinţifică[7]. Mult timp admisă, apoi criticată, dar fără să poată fi niciodată înlocuită cu adevărat, ipoteza nebuloasei a fost reîmprospătată de curînd, în lumina progreselor fizicii stelare; ea stă la baza acelor cosmogonii moderne care par cel mai solid întemeiate.

E. DIMENSIUNILE SISTEMULUI SOLAR

Datele de observaţie dau direcţiile planetelor, şi, prin intermediul celei de-a treia legi a lui Kepler, distanţele relative ale acestora. Pentru a cunoaşte scara la care se efectuează aceste mişcări, este necesar să raportăm unul din elemente la o lungime terestră, raza ecuatorială terestră de pildă, deci să măsurăm o paralaxă medie; deoarece paralaxele Soarelui şi ale planetelor se deduc una din alta, problema este aceea a determinării (directe sau nu) a *paralaxei solare*. Satelitul nostru este unic, şi determinarea *paralaxei lunare* constituie o a doua problemă, independentă.

[6] Unele aspecte din opera lui Laplace vor fi tratate în volumul următor (secolul al XIX-lea).

[7] De fapt, construcţia lui Kant (în 1755), cu toate slăbiciunile sale evidente, are meritul anteriorităţii, şi ipoteza nebuloasei este deseori numită ipoteza Kant-Laplace. — *N.A.*

Procedeul natural de măsurare a unei paralaxe este cel trigonometric, analog cu triangulația folosită de topografi. Se operează prin vizări simultane ale obiectului, din două puncte a căror poziție relativă a fost determinată. Unghiul de vizare este foarte mic, așa încît punctele trebuie să fie foarte îndepărtate; ele trebuie corelate cu ajutorul coordonatelor lor geografice, care se determină astronomic.

Adăugăm că paralaxa variază invers cu distanța; pentru a da ordinul de mărime, unei paralaxe de 10″ îi corespunde o distanță de 20 626, 5 raze ecuatoriale terestre, ceea ce face cam 132 000 000 km.

MISIUNEA CAYENNE. În 1670, Academia de Științe l-a trimis pe Jean Richer într-o misiune științifică la Cayenne. Din importantele măsurători pe care le-a făcut în anii 1672 și 1673 reținem aici observațiile sale asupra planetei Marte, a cărei trecere la opoziție, care a survenit în timpul acestei perioade, a fost perihelică; aceasta este împrejurarea în care planeta se apropie cel mai mult de Pămînt. Cu ajutorul unui sector de 2 m, Richer a măsurat diferențele de înălțime meridiană, adică de declinație, între Marte și stelele vecine; în acest timp, Picard și J.D. Cassini făceau aceleași operații la Paris, cu aceleași stele; depărtarea dintre latitudinile punctelor de observare era de aproape 45°.

Confruntarea măsurătorilor a permis să se stabilească la 25″ paralaxa lui Marte în momentul opoziției. La periheliu, distanța planetei față de Soare este de 1,38 raze ale orbitei terestre; la opoziție, distanța față de Pămînt este 0,38; deci paralaxa solară, care în cazul de față se raportează la cea a lui Marte ca 0,38 la unu, reiese a fi 9,5″ (valoarea exactă este 8,8″). Înainte de această determinare, toate ipotezele referitoare la dimensiunile sistemului solar erau pură fantezie.

Între trecerile unui astru la meridian la Paris și la Cayenne se scurg mai mult de trei ore; în acest interval de timp declinația lui Marte suferă o variație, variație de altfel mică și cunoscută. Dimpotrivă, declinația Lunii variază într-o măsură atît de importantă încît pentru o determinare precisă a paralaxei acesteia sînt necesare observații practic simultane; punctele de observare trebuie să se găsească pe același meridian. O încercare bazată pe acest principiu a fost făcută în 1704; punctele erau la Berlin și la Capetown; observațiile făcute la Capetown au fost inutilizabile din cauza pregătirii insuficiente.

OPERAȚIA DIN ANUL 1751. În 1751, cu ocazia opoziției perihelice a lui Marte a fost întreprinsă o cercetare excepțional de întinsă, referitoare la Soare (prin observarea lui Marte), dar mai cu seamă la Lună. Lacaille la Capetown, Lalande la Berlin, în același timp cu Cassini de Thury la Paris, Zanotti la Bologna, Bradley la Greenwich, Wargentin la Stockholm au măsurat înălțimile meridiane ale lui Marte și ale Lunii. Compararea rezultatelor lui Lacaille și ale lui Lalande a permis să se dea o excelentă valoare pentru paralaxa lunară (57′11″, valoarea exactă fiind 57′ 02″), dar discutarea generală a observațiilor a fost penibilă, anumite valori la care s-a ajuns depășind 58′. Or, paralaxa lunară era, de mult, destul de binecunoscută; pentru a stabili legea gravitației universale, Newton luase ca valoare a distanței Lunii de 60 de ori raza terestră; numerele admise

în epoca sa, 60 sau 60,5, corespund cu 57′ 20″ şi 56′ 50″; în medie, noile determinări nu erau mult mai precise decît acestea.

Paralaxa lui Marte a fost găsită egală cu 27″ 7, conducînd pentru paralaxa Soarelui la o valoare de 10″ 25; misiunea din Cayenne dăduse o valoare mai bună. Dacă misiunea lui Lacaille, la Capetown, fusese rodnică în alte privinţe, nu se poate spune totuşi că operaţia din 1751 a corespuns aşteptărilor. Ea este importantă din alt punct de vedere; depăşind stadiul simplei colaborări între astronomi străini, aşa cum se obişnuise din totdeauna, ea trebuie să fie considerată ca primul exemplu de cooperare ştiinţifică internaţională; dar aveau să fie necesare încă multe acţiuni de aceeaşi natură, conduse încă de astronomi, înainte de a se constitui, în secolul al XX-lea, marile asociaţii ştiinţifice internaţionale.

TRECERILE LUI VENUS. Planetele inferioare, mai ales Venus, sînt aproape de Pămînt, cînd sînt în conjuncţie; trecerile lor au loc însă în timpul zilei, astfel că măsurătorile faţă de stelele de referinţă nu sînt posibile. Aceste măsurători sînt inutile în cazul în care planeta vine în conjuncţie într-o epocă în care se găseşte la un nod al orbitei sale; ea se proiectează atunci pe discul Soarelui; durata *trecerii* variază în funcţie de locul de observaţie, după lungimea coardei pe care direcţia aparentă a planetei o trasează pe disc; singurul element de măsurat este această durată. Halley a arătat, în 1716, că de la această metodă ne putem aştepta să obţinem o bună precizie în determinarea paralaxei solare.

Trecerile lui Venus peste Soare sînt rare, ele se grupează cîte două, la 8 ani distanţă, reproducîndu-se alternativ la fiecare 113 şi 130 de ani. Trecerile din anii 1761 şi 1769 au făcut atîţia astronomi să se deplaseze, din Siberia la Capetown şi din California în Tahiti, încît nu am putea să-i citäm pe toţi aici. Dar trebuie să redăm totuşi odiseea celui mai nefericit dintre ei.

Desemnat de către Academia de Ştiinţe pentru punctul de observare din Pondichéry, Le Gentil, după o călătorie care a durat mai mult de un an, ajunge la porţile acestui oraş, dar nu poate să debarce: englezii, în război împotriva francezilor încă din anul 1756, ocupă în acest moment oraşul; trecerea din anul 1761 se produce în timp ce el se află pe mare; Le Gentil hotărăşte să aştepte trecerea din anul 1769, face o croazieră de-a lungul coastelor Oceanului Indian şi ale Oceanului Pacific, revenind din nou la Pondichéry, în anul 1769 (între timp războiul de şapte ani se terminase); dar, din cauza unui nor izolat, el pierde din nou şi observarea acestei a doua treceri a planetei; cînd în 1771, se reîntoarce în Franţa, nu-l mai aştepta nimeni: moştenitorii îi împărţiseră deja averea.

Rezultatele măsurătorilor făcute asupra acestor două treceri au fost destul de dispersate, valorile paralaxei solare amplasîndu-se între 8 şi 10″. O prelucrare de ansamblu avea să-l ducă pe Encke, în anul 1824, la valoarea de 8″ 58. Corectări ale longitudinilor destul de incerte ale punctelor de observare au adus în anul 1870 evaluarea la 8″ 83, care este apropiată de valoarea admisă astăzi, 8″ 79; dar această concordanţă este, în realitate, întîmplătoare.

Experiența a dovedit că se supraestimează posibilitățile de măsurare a paralaxei solare cu ajutorul trecerilor lui Venus, aprecierea momentului de contact fiind dificilă; dimpotrivă, metoda opozițiilor, aplicată astăzi unor mici planete care se apropie mult de Pământ, dă rezultate excelente.

F. FORMA PĂMÎNTULUI

PRIMELE TEORII. Newton a ajuns să presupună că forma Pământului nu este sferică printr-un raționament teoretic; forma sferică nu este o soluție a problemei echilibrului relativ al unei mase omogene în rotație uniformă. Newton a *postulat* că masa ia forma unui elipsoid de revoluție[8]; el a demonstrat, combinînd atracția reciprocă a particulelor și forța centrifugă, că elipsoidul este turtit, turtirea fiind de 1/230.

În anul 1690 a apărut, împreună cu celebrul *Traité de la lumière* al lui Huygens, lucrarea sa *Discours sur la cause de la pesanteur*. Huygens respinge atracția mutuală și admite că fiecare particulă este supusă, în mod independent, unei atracții centripete constante; el determină, fără a porni de la vreo ipoteză, figura de echilibru (problema este mai simplă decît cea a lui Newton): este un elipsoid turtit, a cărui turtire este de 1/578; în subsidiar, el arată că ipoteza unei atracții (centripete, nereciproce), după legea inversului pătratului distanței conduce la aceleași rezultate.

Aceste lucrări au izvoare, diferite între altele variațiile, bănuite mai înainte, ale gravitației în funcție de latitudine. La Cayenne, în anul 1672, Richer a trebuit să micșoreze lungimea pendulului din ceasornicele sale: chiar și Huygens constatase efecte asemănătoare: așadar greutatea diminuează către ecuator.

Greutatea rezultă din compunerea *gravitației* propriu-zise (a efectului atracției) și a acțiunii, în sens contrar, a componentei radiale a forței centrifuge; aceasta din urmă crescînd către ecuator după o lege bine-cunoscută, variația gravitației apare în observațiile asupra pendulului ca o variație-reziduu; în acea epocă, în această variație putea fi decelat efectul distanței față de centrul Pământului, dar era prematur să se caute obținerea unor date precise asupra formei Pământului.

MĂSURĂTORI GEODEZICE. Studierea directă a curburii meridianului se efectuează plecînd de la măsurarea distanței care separă două puncte situate pe același meridian și de la măsurarea diferenței lor de latitudine, care ne dă unghiul dintre verticalele lor. Raza de curbură a arcului măsurat este raza Pământului, dacă acesta este sferic; în ipoteza contrară, curbura va diferi după latitudinea medie a arcului. *Lungimea gradului*, adică a arcului ale

[8] Și astăzi încă se spune, pe baza scrierilor lui Laplace, că Newton a admis fără demonstrație și legea variației greutății în funcție de latitudine; această observație nu este întemeiată. — *N.A.*

BIBLIOTECA BUCUREȘTI

cărui latitudini extreme diferă cu un grad, este cu atît mai mare cu cît curbura este mai redusă, adică cu cît zona cercetată este mai turtită.

Măsurătorile au fost greşit interpretate de unii astronomi care au confundat unghiul dintre verticalele locurilor cu unghiul dintre direcţiile ce unesc locurile cu centrul Pămîntului; acestea din urmă nu pot fi determinate, dar, pentru ele, o mai mare lungime a arcului de un grad va corespunde, dimpotrivă, unei regiuni mai îndepărtate de centru, deci situată în zona unei alungiri. Ca şi alţii, J. D. Cassini a făcut această confuzie în 1704, şi fiul său, Jacques, în anul 1713; eroarea a dispărut din expunerile de mai tîrziu ale lui Cassini. Este adevărat că diferiţi autori, care nu erau oameni de ştiinţă, au insistat încă multă vreme asupra acestei erori; Bernadin de Saint-Pierre, care de altfel atribuia topirea gheţurilor polare fenomenului mareelor, s-a plîns vehement de atitudinea incredulă adoptată de academicienii „rătăciţi pe urmele lui Newton", cu privire la demonstraţia sa a alungirii Pămîntului către poli. Lucrările sale *Études de la nature* (1784) *şi Chaumière indienne* (1791) cuprind plîngerile sale; el va muri neînţeles, ca în zilele noastre Maeterlink combătîndu-l pe Einstein.

În ciuda aproximaţiei prea grosolane a calculului teoretic care ia în considerare un fluid omogen, existenţa umflării ecuatoriale era o certitudine pentru Newton; aceasta i-a fost necesară pentru a explica fenomenul precesiei, dar adversarii teoriilor newtoniene nu o admiteau. Decizia va reveni măsurătorilor geodezice.

MERIDIANUL PARISULUI. Se ştie că punerea la punct definitivă a teoriei gravitaţiei universale nu a putut fi realizată de Newton decît atunci cînd a dispus, în 1684, de o evaluare corectă a razei terestre, care a rezultat din *gradul lui Picard*. Este vorba de arcul Sourdon-Malvoisine, foarte apropiat de cel Amiens-Paris, lung de 1°22′, pe care Picard l-a măsurat către anul 1670. Începînd din 1683, s-a trecut la prelungirea arcului în aşa fel, încît el se întinde de la Collioure la Dunkerque. În 1720 Jacques Cassani publică şi analizează rezultatele acestor lucrări: lungimea gradului pare mai mare pentru arcul de 6° la sud de Paris, decît pentru arcul de 2° de la nord. În realitate, datorită ordinului de mărime al erorilor de măsurare, diferenţa nu este semnificativă. Dacă totuşi o considerăm drept reală, elipsoidul terestru este alungit; astfel au procedat cartezienii care triumfă, fără discernămînt.

GRADUL PERUVIAN ŞI GRADUL LAPONEZ. Dar în curînd, printre matematicienii eminenţi, în afară de Jean Bernoulli, nu vor mai exista cartezieni sinceri. Academia de Ştiinţe din Paris desemnează, în 1735, o misiune cu sarcina de a măsura un arc de meridian chiar la ecuator, la sud de Quito. *Expediţia din Peru*, ai cărei membri de seamă erau Bouguer şi La Condamine, a fost întărită cu doi ofiţeri spanioli; această expediţie a lucrat timp de opt ani, în condiţii grele, din cauza terenului muntos, puţin propice triangulaţiei, a climatului defavorabil observaţiilor astronomice, a dificultăţilor financiare şi a disensiunilor din interiorul echipei. Îndîrjirea lui Bouguer i-a ajutat să treacă peste obstacole; datele pe care le-au adus, în 1744, sînt practic identice

cu cele obținute de misiunea lui Bourgeois (1901—1906) pentru același arc; această expediție a întîmpinat, de altfel, aceleași greutăți ca și cealaltă fiind și mai dezavantajată, se pare, de distrugerea sistematică a semnelor geodezice de către indigeni.

Maupertuis socotea că nu erau de așteptat erori asupra rezultatelor cu mult mai mici ca abaterea care urma să fie constatată între gradul de la Paris, și cel de la ecuator; el a determinat, în 1736, trimiterea unei a doua expediții, în vecinătatea cercului polar. *Expediția din Laponia*, pe care a condus-o ajutat de Clairaut, a reușit să măsoare un arc de 1°, în mai puțin de un an (cel din Peru era de 3°); în 1737, turtirea spre poli a sferei terestre era definitiv stabilită prin comparație cu lungimea gradului de la Paris (cu mult înainte de terminarea operațiilor de la ecuator); variația gradului atingea aproximativ 1 000 m.

Valoarea turtirii nu era încă bine definită. Lungimea gradului este în medie de 111 km; ea crește într-adevăr cu circa 300 m începînd de la latitudinea din Paris pînă la cercul polar. Or, gradul lui J. Cassini avea să fie remăsurat de fiul său Cassini de Thury în 1740, valoarea sa mărindu-se cu 300 m; gradul din Laponia, remăsurat între anii 1801 și 1803, s-a dovedit micșorat cu 400 m. E de ajuns să spunem că abaterea de 1 000 m, obținută de Maupertuis, abia dacă era semnificativă și nu permitea calcularea corectă a turtirii.

Șapte ani mai tîrziu expediția din Peru a confirmat concluziile celei din Laponia. În relatările scrise în 1748, de unul dintre ofițerii spanioli se remarcă o mențiune ciudată; înaintea unui raționament care trebuie să țină seamă de mișcarea Pămîntului figurează rezerva, vizibil pur formală, *Pero aunque esta Hypothesis sea falsa*; eventuale persecuții din partea inchiziției spaniole nu erau deci cu totul excluse în epoca aceea.

HARTA FRANȚEI. Cassini de Thury, denumit și Cassini III, primul conducător cu titlul de director (în 1771) al Observatorului din Paris, a început elaborarea, în 1744, a unei hărți topografice a Franței, bazată pe o triangulație geodezică; această hartă, la scara de 1/86 400, este prima de acest gen care a fost realizată. Fiul lui Cassini III avea să o completeze și să o prezinte, în mod solemn, în fața Adunării Naționale în 1789. Cu acest fiu, numit Cassini IV, se încheie dinastia Cassinilor; el acceptase ideile lui Newton și se pare că și tatăl lui le admisese implicit, începînd din 1740, recunoscînd turtirea terestră.

G. CATALOAGE DE STELE

Dintre toate lucrările astronomice, întocmirea *cataloagelor de stele* este cea mai ingrată și totuși una dintre muncile cele mai necesare. Stelele zise fixe sînt reperele naturale care permit studiul rotației Pămîntului, al mișcării sale în jurul Soarelui, și al mișcării Soarelui însuși în spațiu. Fiecare efect

nou se descoperă din prelucrarea nenumăratelor observaţii, făcute cel mai adesea, de generaţiile anterioare.

Această documentaţie indispensabilă s-a constituit, în esenţă, începînd din secolul al XVIII-lea; ea este, în primul rînd, opera astronomilor britanici.

CATALOAGE DE PRECIZIE. Observatorul din Greenwich a fost condus, la întemeierea lui, de Flamsteed, primul „astronom regal". Fără personal, fără fonduri, el a pus să se construiască pe cheltuiala lui un sector de 2 m.; pînă la moastea sa, în 1719, Flamsteed observă în mod sitematic planetele şi stelele strălucitoare.

Rezultatele observaţiilor lui Flamsteed au fost editate în contra voinţei acestuia, într-un volum, în 1712, la îndemnul lui Newton, care lua drept rea-voinţă aversiunea lui Flamsteed de a comunica date pe care le considera insuficient controlate; el a putut, în parte, să distrugă această ediţie. În cele din urmă, lucrarea *Historia coelestis Britannia*, pe care a redactat-o a apărut ca operă postumă (1725); ea conţine *Catalogul britanic*, primul mare catalog modern, care dă poziţiile a aproape 3 000 de stele; precizia este de ordinul a 10″. Forma este de asemenea nouă: sînt indicate coordonatele ecuatoriale ale stelelor, ca şi termenii precesiei anuale. Mai mult, observarea sistematică a Soarelui leagă în mod direct aceste determinări cu planurile fundamentale şi le conferă un caracter *absolut*.

Lui Flamsteed i-a urmat, în anul 1719, Halley. Acesta a pus să se construiască o lunetă de treceri la meridian, de 1,60 m şi a statornicit folosirea ei sistematică. El întocmise, în timpul şederii sale, în 1677, pe insula Sfînta Elena, primul catalog al cerului austral; condiţiile atmosferice nu i-au permis de altfel decît observarea a 350 de stele.

Al treilea astronom regal, James Bradley, a consacrat cei douăzeci de ani cît a ocupat acest post observaţiilor meridiane; după moartea sa, în 1762, au fost găsite 60 000 de asemenea observaţii. Bessel s-a ocupat de prelucrarea lor şi a publicat, în 1818, lucrarea *Fundamenta astronomiae*... Aici se găsesc consemnate poziţiile din 1755 ale 3 222 de stele; datorită calităţii lor şi epocii îndepărtate în care au fost efectuate, aceste observaţii au servit ca bază tuturor determinărilor de mişcări proprii din secolul al XIX-lea, ca şi evaluărilor succesive ale constantei precesiei.

Dacă exceptăm cataloagele lui Lacaille (400 de stele strălucitoare, în 1757) şi al lui T. Mayer (1 000 de stele zodiacale, între 1756 şi 1761), poziţiile date de astronomii de la Observatorul din Greenwich vor fi singurele care vor putea fi folosite şi ulterior: întrebuinţarea lunetei meridiane pentru determinarea ascensiilor drepte le asigură o categorică superioritate.

Tobias Mayer, directorul Observatorului din Göttingen, stabileşte, în 1761, formulele de corecţie, care permit să se ţină seama de abaterile instrumentale. Formulele sînt de altfel stabilite în legătură cu sfertul de cerc mural folosit de el, dar cel care a beneficiat de ele a fost instrumentul meridian: stabilitatea aparatului, în concepţia sa definitivă, datorează mult acestei idei de a înlocui un reglaj prin utilizarea corectării unui efect măsurabil.

RECENSĂMINTELE STELELOR. Alături de cataloagele de poziții precise, se lucrează și la inventare mai mult sau mai puțin bogate. Pentru cerul astral, primul, și pentru o perioadă de 75 de ani singurul, este cel pe care l-a întocmit Lacaille, în cursul misiunii sale de la Capetown, în 1751—1752. În decurs de aproape un an, cu un instrument al cărui obiectiv avea mai puțin de 1,5cm, el a efectuat un releveu a 10 000 de stele, pînă la stele de magnitudinea 7, de atlfel aproape complet pînă la magnitudinea 6.

În punctul ales de Lacaille avea să se ridice, în 1820, marele Observator de la Capetown, cel mai important care există în emisfera australă.

Lucrarea lui Jérôme de Lalande, *Histoire céleste française*, grupează observațiile efectuate între 1789 și 1798 cu un sfert de cerc de 7 cm deschidere, instalat la Școala militară din Paris. Cea mai mare parte a acestor observații o datorăm nepotului său Michel de Lalande; obiectul lor era întocmirea unui inventar sistematic al stelelor pînă la mărimea a noua, cuprinse între pol și declinația —20°. Pozițiile a 50 000 de stele sînt prezentate aici; mai multe sute sînt de altfel cele ale stelelor vizibile cu ochiul liber, care nu fuseseră niciodată menționate mai înainte. În ciuda folosirii unui aparat perimat, valoarea măsurătorilor este relativ bună, deși inegală; dar inventarul nu este realmente complet. Această lucrare importantă a constituit o bază de documentare mult timp neegalată.

H. ASTRONOMIA NAUTICĂ

În secolul al XVII-lea nu exista nici un mijloc de determinare a longitudinii pe mare decît ținînd seamă de ruta urmată și de viteza apreciată cu ajutorul lochului. Această lacună era atît de gravă, încît Observatorul din Greenwich a fost înființat, după cum se arată expres în actul regal, „în vederea determinării longitudinilor, în interesul navigației și al astronomiei".

Problema este de a lega ora locală, pe care ne-o poate da măsurarea înălțimii unor aștri, cu ora meridianului origine. Pentru aceasta din urmă nu există decît două procedee: fie ca ea să fie transportată cu ajutorul unui ceasornic sau a unui cronometru de calitate (astăzi prin semnale radioelectrice); fie să se observe un fenomen astronomic cu o variație destul de puternică pentru a putea constitui un indicator de timp; procedeul al doilea nu se poate aplica decît mișcării Lunii. Rezolvarea problemei depindea astfel de perfecționarea ceasornicelor și a instrumentului de observație, precum și de întocmirea de bune tabele ale Lunii.

SEXTANTUL. Observația se reduce întotdeauna la măsurători de distanțe unghiulare. Pe pămînt, vizările celor două direcții sînt succesive și sînt comparate cu ajutorul cercurilor gradate. Pe mare mișcarea instrumentului impune ca vizările să fie simultane; măsurătorile de precizie datează din epoca în care s-a știut cum să se suprapună două direcții cu ajutorul a două reflexii.

Acest dispozitiv a fost imaginat de Newton în 1699, apoi realizat şi răspîndit în 1731, de opticianul englez Hadley. Una din vizări este directă; cealaltă este reflectată într-o oglindă orientabilă, şi reluată de a doua oglindă, fixă, situată pe traseul primei vizări. Unghiul dintre direcţii este dublul unghiului dintre oglinzi; el se citeşte pe un arc de cerc gradat în mod potrivit la nivelul unei alidade solidare cu oglinda mobilă. Lungimea aparatului este cea a razei arcului; o precizie de ordinul minutului de grad a fost atinsă de la început, cu o rază mai mică de 50 cm.

Instrumentele primitive erau *octantele* (amplitudinea sectorului gradat fiind o optime de cerc, permiţînd măsurarea unor deschideri unghiulare pînă la 90°); ele au fost de curînd înlocuite de *sextantele marine*, utilizabile pentru unghiuri pînă la 120°. Instrumentul modern nu diferă de acestea decît printr-o dimensiune ceva mai mică şi adăugarea unei mici lunete.

Misiunea din Peru luase cu ea un astfel de aparat, care se numea, în Franţa, „noul cvadrant englez de reflectare", pentru a fi încercat. Raportul făcut asupra lui, datat 1736, a fost foarte favorabil, dar inutil: cînd a ajuns la Paris, cu trei ani mai tîrziu, folosirea octantului se generalizase.

De menţionat că, încă de la început, unele octante ale lui Hadley erau prevăzute cu un *vernier*, care era denumit, de altfel, în mod abuziv, „divizarea lui Nonius", ceea ce este cu totul altceva. Cu toate acestea, constructorii, au prevăzut în general gradaţii între care se interpola, prin citiri, pe *transversale*, segmente oblice divizate, gravate pe limb, în dreptul fiecărui interval.

CRONOMETRELE. Ceasornicele marine diferă în mod esenţial de cele terestre, nu prin introducerea unui resort motor cu greutăţi, care este accesorie, ci prin regulator: *spirala reglantă* este un resort spiral solidar cu o masă oscilantă în formă de inel circular, balansierul. Propus de Huygens încă din 1675, acest dispozitiv a fost adaptat construcţiei de *ceasornice de marină*, prin străduniile lui Leroy şi Berthoud în Franţa, ale lui Harrison în Anglia. Aceşti constructori au fost stimulaţi de premiile oferite de Academia de Ştiinţe şi de parlamentul englez; (lui Harrison i-au fost acordate 20 000 de lire, în timp ce salariul anual al unui astronom regal era la început de 100 de lire).

Se punea problema de a perfecţiona ankerul, pentru ca reacţia sa asupra regulatorului să fie constantă, şi de a se asigura un reglaj automat al lungimii resortului spiral, care să compenseze influenţa efectului termic asupra perioadei; către 1770, aceste probleme erau complet rezolvate. La experienţele făcute pe mare, mersul zilnic al ceasornicelor nu varia cu mai mult de cîteva secunde, în cursul unor călătorii de mai multe luni şi chiar de mai multe sezoane; actualmente, toleranţa admisă pentru un cronometru de marină este de acest ordin: după două luni se admite o variaţie de 1,5 s a mersului zilnic.

OBSERVAŢIILE ASUPRA LUNII. Mişcarea Lunii în raport cu stelele fixe este aproximativ de 1′ la două minute; ea este mai greu de apreciat decît mişcarea acelor pe un cadran de cronometru, dar este mai fidelă. Se pot repera distanţele de la Lună la stelele vecine (metoda *distanţelor lunare*); sextanul de marină

se pretează bine la astfel de măsurători. Observarea momentelor de *ocultație* ale stelelor de către Lună este mult mai precisă, dar ocultațiile stelelor strălucitoare sînt numai întîmplătoare; cît despre stelele slabe, ele sînt încă prost catalogate în acea perioadă.

Aceste metode sînt de mult cunoscute; în 1499, în cursul primei sale călătorii, Americo Vespucci a avut prilejul să determine poziția, măsurînd distanța de la Marte la Lună, puțin după una din conjuncțiile lor. Folosirea lor depinde de existența unor bune efemeride lunare, tabelate în funcție de timpul meridianului origine. Din această cauză, guvernele și academiile au propus sistematic ca subiect de concurs perfecționarea teoriei Lunii, stimulînd astfel pe Clairaut, d'Alembert, Euler, Mayer, să se întoarcă la acest domeniu, ceea ce a contribuit la progresul general al mecanicii cerești. Pentru longitudini însă, din contră, aceste metode nu au dat decît o precizie mediocră, depășită de cea a transportării orei cu cronometrul.

Astăzi, observarea ocultațiilor joacă un rol important, dar contrar celui pe care îl avea atunci: timpul local fiind cunoscut, poziția Lunii permite legarea lui de timpul uniform, în care sînt construite tabelele; abaterile traduc neregularități neprevăzute ale vitezei rotației terestre, descoperite destul de recent.

■

În decursul secolului, au luat naștere trei științe: geodezia, astronomia, mecanica cerească analitică. Metodele lor sînt create, instrumentele construite, roadele culese. Pămîntul, planetele, cometele, adică lumea reală pentru simțurile noastre, stelele nefiind decît un decor, deveniseră familiare; ele au fost descrise geometric, situate și chiar cîntărite.

O parte din natură și-a pierdut astfel misterele; din fericire, imaginației i se deschide un nou domeniu. Crearea telescopului este lentă[9]; dar încă în 1781, W. Herschel descoperă, cu ajutorul lui un nou corp din sistemul solar, planeta Uranus. Micul nostru univers se va îmbogăți în curînd cu mulți alți membri necunoscuți pînă atunci, care gravitau nu departe de noi. Lumea imuabilă a stelelor avea să se însuflețească, revelîndu-se de o diversitate extraordinară. Ca întotdeauna cîmpul cercetărilor se reînnoiește la infinit.

[9] Punerea la punct a reflectoarelor și primelor mari descoperiri care decurg de aici, acelea ale lui WILLIAM HERSCHEL, vor fi studiate în volumul următor. — *N.A.*

Cartea a doua
ŞTIINŢELE FIZICE

Distincţia dintre ştiinţele teoretice şi cele fizice, pe care am introdus-o deja în această parte a treia, este bazată pe gradul de matematizare foarte înalt atins, încă din secolul al XVIII-lea, de mecanică şi de astronomie — ştiinţe care, fără a abandona din această cauză nevoia de observaţii şi apelul la experienţă, par să devină din ce în ce mai mult sectoare privilegiate pentru aplicarea matematicii, meritînd, din cauza aceasta, calificativul de „teoretice".

Prin comparaţie, celelalte ramuri ale ştiinţei pe care le grupăm de obicei sub numele de „ştiinţe fizice" — optica, acustica, magnetismul, electricitatea, căldura şi chimia — rămîn, la începutul acestui secol al XVIII-lea, la stadii de evoluţie teoretică în mod clar mai puţin avansate.

În cursul secolului, progresul tehnicilor experimentale, dezvoltarea newtonianismului şi progresul matematicii vor antrena o dezvoltare rapidă a acestor ştiinţe sau chiar reformularea structurii unora dintre ele.

În optică, dacă teoria newtoniană a emisiei se bucură de un indiscutabil succes, supravieţuirea unei teorii rivale de tip ondulatoriu prevesteşte opera lui Young şi Fresnel. La fel, dacă introducerea ecuaţiilor cu derivate parţiale deschide calea unei acustici teoretice, abia la începutul secolului următor aceasta va lua fiinţă cu adevărat, în strînsă legătură cu cercetările experimentale. Net mai puţin avansat, studiul căldurii începe de fapt cu precizarea noţiunilor sale de bază, pregătind astfel formularea sa teoretică şi primele sale aplicaţii. Rămase pînă atunci într-un stadiu experimental rudimentar, magnetismul şi electrostatica cunosc un avînt deosebit pe plan instrumental şi se constituie, pe plan teoretic, după modelul newtonian, aşteptînd totodată ca începutul secolului al XIX-lea să aducă invenţia pilei electrice, care va deschide calea pentru dezvoltări noi şi vaste. În sfîrşit, în ultimul sfert al secolului al XVIII-lea, chimia, sub impulsul dat de Lavoisier, trece printr-o profundă revoluţie, a cărei importanţă se poate compara doar cu a mecanicii în secolul al XVII-lea.

Aspectul teoretic al acestor evoluţii diferite este guvernat în acelaşi timp de dezvoltarea spectaculoasă a metodelor matematice care se pot aplica în fizică — în particular diferite ramuri ale calculului infinitezimal — şi de influenţa precumpănitoare a tradiţiei newtoniene de interpretare matematică

a filozofiei naturale. Aspectul lor fizic propriu-zis este ilustrat de o creștere absolut excepțională a interesului pentru experiment în marele public.

Secolul al XVII-lea fusese deja martorul îndrăznelilor experimentale ale lui Hooke, Boyle, Guericke, Mariotte și al programelor sistematice de observații, de măsurători și de experiențe, organizate de Accademia del Cimento, Royal Society și Academia regală de Științe din Paris. Dar această tendință de a insista pe latura experimentală a fizicii nu a interesat decît cercuri foarte limitate. Continuînd calea muncii de laborator și a cercetării științifice organizate oficial, secolul al XVIII-lea asistă la răspîndirea acestui interes pentru știința experimentală mai întîi în cadrul învățămîntului universitar, apoi în rîndurile publicului cultivat, spre a ajunge în cele din urmă să se difuzeze în marea masă. Pentru a atinge acest rezultat, formulele matematice prea anevoioase și discuțiile filozofice au cedat locul experiențelor simple și demonstrative. Pornind din Anglia, cu Desaguliers și din Țările de Jos cu Boerhaave, s'Gravesande și Musschenbroek, această mișcare a cucerit Franța, Germania și, curînd, întreaga Europă. Cursurile publice de fizică experimentală se înmulțesc o dată cu apariția a numeroase manuale în care noile cunoștințe sînt popularizate prin experiențe. Această admirație exagerată va reizbucni către mijlocul secolului, o dată cu punerea la punct a unor experiențe spectaculoase de electricitate și, către sfîrșitul secolului, cu înălțarea baloanelor cu hidrogen și a celor realizate de frații Montgolfier (baloane cu aer cald).

Totuși această modă extraordinară a „fizicii experimentale" nu a contribuit decît indirect la progresul fizicii. Din această cauză, capitolele care urmează nu vor lăsa decît un loc redus pentru acest aspect mai curînd anecdotic, insistînd în schimb asupra lentului proces de conceptualizare, asupra elaborării unor teorii din ce în ce mai rafinate și, în același timp, asupra rezultatelor paralele și complementare ale unei dificile și răbdătoare munci de laborator.

Grație acestor diferite eforturi, care nu sînt decît aparent divergente, în cursul secolului al XVIII-lea mai multe sectoare ale acestor „științe fizice" se vor vedea ele însele evoluînd spre un statut de „științe teoretice" — cum este cazul acusticii, electrostaticii sau magnetismului — în timp ce altele — căldura, optica și mai ales chimia — vor rămîne în continuare tributare cercetărilor experimentale. Elaborarea unor metode noi în fizica matematică, la începutul secolului al XIX-lea, va încuraja tendința generală spre abstracție, oferind teoreticienilor instrumente mai puternice și mai bine adaptate specificului problemelor lor. Dar importanța anumitor descoperiri, ca și precizia crescîndă a instrumentelor folosite vor da, în același timp, o viață nouă cercetării experimentale, menținînd astfel un echilibru indispensabil între aceste două mari tendințe ale fizicii.

CAPITOLUL I
Răspîndirea opticii newtoniene

CONSTRUIREA INSTRUMENTELOR OPTICE ȘI PROGRESUL TEHNICII ÎN SECOLUL AL XVIII-LEA. Tehnica construirii instrumentelor optice nu s-a modificat simțitor de-a lungul întregului secol al XVIII-lea. Desigur, se constată progrese de seamă în prezentarea microscoapelor, dar este vorba, la urma urmei, de amănunte: obiectivele devin interschimbabile; se perfecționează masa microscopului și anexele. Aceste modificări sînt de altfel favorizate de dezvoltarea a numeroase laboratoare de fizică.

Fabricarea telescoapelor este încetinită de dificultățile tehnice care apar la construirea oglinzilor de dimensiuni mari. W. Herschel, care își construiește singur telescoapele, perfecționează șlefuirea oglinzilor și realizează astfel descoperiri importante, ce dau un avînt considerabil realizării dificile a marilor telescoape.

ACROMATISMUL OBIECTIVELOR. PRINCIPIUL ȘI REALIZAREA LOR. Construirea de obiective acromatice este și ea relativ tîrzie. Într-adevăr, în calea realizării unor astfel de obiective stau nu numai dificultăți de ordin practic, ci și obstacole de principiu.

Newton crezuse că a izbutit să demonstreze imposibilitatea refractării luminii fără a o dispersa totodată. Părea deci zadarnic să se urmărească o asociere de lentile susceptibilă să refracte lumina, lăsînd-o totodată acromatică. Cu toate acestea, încă din anul 1733, magistratul englez Chester More Hall părea să fi descoperit principiul obiectivelor acromatice, pe care opticianul Bass le-ar fi fabricat și comercializat. Încrederea în autoritatea lui Newton era totuși atît de mare, încît aceste realizări au rămas aproape total ignorate.

În 1747, Euler propune formulele care permit să se stabilească posibilitatea acromatismului unui grup de lentile. Convingerea sa se sprijinea pe calcule riguroase și pe existența în natură a unui sistem acromatic: ochiul.

Experiența propusă de Newton este ulterior examinată de Klingenstierna (1755), care confirmă previziunile lui Euler: dacă se alătură două prisme, una din sticlă, cealaltă, cu unghi variabil, umplută cu apă, este posibil, pentru o anumită valoare a acestui unghi, să se suprime dispersia razei emergente,

fără să i se anuleze deviaţia (fig. 34). Din contra, pentru o altă valoare a acestui unghi se poate suprima deviaţia razei emergente, păstrîndu-se totuşi dispersia.

Calculele lui Euler şi observaţiile lui Klingenstierna au fost transmise opticianului Dollond, fără însă ca ele să reuşească să-l convingă. Cu toate acestea, în anul 1757, Dollond repetă experienţa lui Newton şi consimte să admită posibilitatea acromatizării unui sistem de lentile. Asociind sticle cu indici foarte diferiţi, o lentilă convexă de flint şi o lentilă concavă de crown, el reuşeşte să construiască primul obiectiv acromatic.

Totuşi, în ciuda lucrărilor lui Euler, ale lui Fuss şi, mai tîrziu, ale lui Clairaut (1761), procedeele de fabricaţie rămîn în mare parte empirice. Ei se izbesc, de altfel, de multe dificultăţi; fabricarea obiectivelor acromatice rămîne, pînă în anul 1772, apanajul lui Dollond, care şi-a asigurat privilegiul şi, într-un mod oarecum abuziv, paternitatea lor. Pe de altă parte, chiar în Anglia, fabricarea sticlei de cuarţ pare adesea rezultatul unei întîmplări fericite; pe continent, ea rămîne extrem de dificilă pînă la începutul secolului al XIX-lea.

DESCOPERIRILE EXPERIMENTALE. Descoperirea aberaţiei luminii de către J. Bradley[1] permite, pentru a doua oară, măsurarea vitezei luminii; rezultatul obţinut s-a dovedit a fi în concordanţă destul de bună cu cel obţinut de Römer cu cincizeci de ani mai înainte.

Încă din secolul al XVII-lea se cunoşteau fenomenele de fosforescenţă. După Priestley (1772), se pare că italianul V. Casciorolo le observase încă din 1630. Spre sfîrşitul secolului al XVII-lea şi începutul secolului al XVIII-lea au fost întreprinse experienţe sistematice în acest domeniu, care a rămas totuşi învăluit în mister, părînd că din aceste experienţe nu rezultă nici o interpretare teoretică decisivă.

În sfîrşit, la sfîrşitul secolului al XVIII-lea se manifestă o preocupare accentuată pentru fenomenele subiective ale vederii. Cu lucrările lui Buffon, Bouguer, Lambert, Rumford, Himly ia naştere un fel de optică fiziologică. Cu toate acestea, măsurătorile sînt dificile, iar interpretarea lor, delicată, rămîne supusă aprecierii unui subiect a cărui intervenţie nu este net delimitată. Primele măsurători de fotometrie sînt realizate de Buffon şi mai cu seamă de

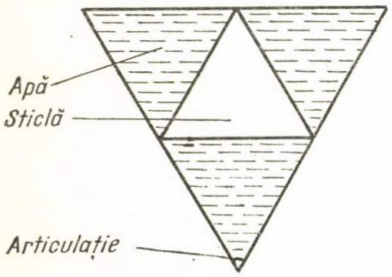


FIG. 34. DISPOZITIV EXPERIMENTAL PENTRU DEMONSTRAREA POSIBILITĂŢII ACROMATIZĂRII (KLINGENSTIERNA, 1755)

[1] A se vedea, în legătură cu această problemă, stadiul lui J. LÉVY, pp. 508—509.

Pierre Bouguer (1698—1758) care, în lucrarea sa *Essai d'optique sur la gradation de la lumière* (1728) și în *Traité d'optique* (1760), studiază factorii de transmisie și de reflexie și introduce metode corecte de măsurători fotometrice. În sfîrșit, J.H. Lambert, în lucrarea sa *Photometria* (1760), face un studiu de ansamblu al diferitelor probleme legate de această tehnică nouă.

INFLUENȚA TEORIEI NEWTONIENE ÎN CERCURILE FILOZOFICE. În cercurile cultivate, în universități și școli, teoria lui Newton este acceptată în mod oficial. Succesul mecanicii cerești, marea autoritate a lui Newton, asigură și opticii sale o largă răspîndire. Ea pătrunde mai cu seamă în cercurile nespecialiștilor, amatori de claritate, dar ignoranți în ce privește dificultățile profunde ale fiecărei teorii.

În Franța, Voltaire este unul dintre cei mai fervenți discipoli ai lui Newton. Lucrarea sa *Éléments de la philosophie de Newton* (Londra, 1738) precizează implicațiile în optică ale atracției generalizate.

Voltaire, care nesocotea total originalitatea aportului lui Malebranche, dezvoltă o teorie a emisiei, în care lumina-foc este formată din particule rarefiate, a căror natură nu trebuie să fie precizată. Corpurile solide exercită asupra luminii o putere de natură necunoscută, care provoacă reflexia și refracția. Cu toate acestea nu părțile solide ale corpurilor sînt acelea care cauzează respingerea corpusculelor luminoase. În adevăr, lărgind porii unui corp opac, i se mărește opacitatea; din contra, micșorîndu-i porii, acest corp va putea fi făcut mai transparent. Ca și Newton, Voltaire este de părere că un mediu mai dens mărește viteza luminii. O rază luminoasă care pătrunde în apă „este purtată atît prin propria ei mișcare, cît și prin aceea a atracției, pe care i-o imprimă apa. Această rază ajunge deci mai curînd decît dacă ar fi trecut prin aer".

Pe de altă parte, Voltaire admite că razele sînt supuse acestei puteri de atracție chiar *înainte de a pătrunde în apă sau în sticlă*. Ele încep atunci să se frîngă, ceea ce este în conformitate cu continuitatea care, după Leibniz, trebuie să existe în orice mișcare. În mod asemănător, inflexiunea luminii (difracția), care se produce în apropierea corpurilor solide, rezultă dintr-o acțiune de atracție a acestor corpuri asupra luminii. Bineînțeles, această atracție care intervine între corpuscule, și mai cu seamă între corpusculele luminoase și granulele de sticlă, nu urmează legea care guvernează mișcarea planetelor. În punctul de contact, atracția nu crește ca $1/r^2$, ci ca $1/r^3$ și chiar și mai accentuat. Ea devine deci extrem de importantă.

Cu toate acestea, Voltaire admite că în fenomenele naturii pot interveni și alte principii decît atracția. Dacă el consideră că adeziunea, continuitatea, duritatea, capilaritatea și probabil și acțiunile chimice par să aibă la origine atracția, în schimb considerăm că rotația planetelor în jurul unei axe, electricitatea, magnetismul au, probabil, o altă cauză, necunoscută încă. În acest mod ia naștere o distincție, căreia teoriile actuale i-au inversat, destul de ciudat principiul.

ADVERSARII OPTICII NEWTONIENE ȘI DIZIDENȚII: MARAT, GOETHE. Totuși amatorii cultivați nu admit întotdeauna, fără restricții, optica newtoniană.

Este vorba însă de opinii izolate, care resping doctrina acceptată oficial, din motive puțin convingătoare: încrederea acordată prea în grabă unor experiențe stîngace, nesocotirea spiritului științific, care le apare ca o secare și o limitare arbitrară a personalității. Să examinăm pe scurt, celebrele exemple: al lui Marat în Franța și al lui W. Goethe în Germania.

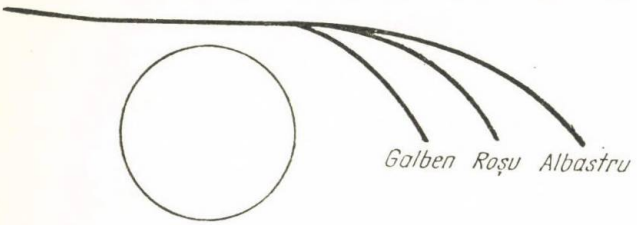


FIG. 35. DEVIEREA ȘI DESCOMPUNEREA LUMINII ÎN VECINĂTATEA UNUI CORP OPAC, DUPĂ MARAT

Marat este întemeietorul unei ciudate „peridioptrici", rămasă fără nici o urmare, care are ca obiect studiul deviației razelor, produsă de suprafața corpurilor *(Découvertes... sur la lumière constatées par une suite d'expériences nouvelles...*, 1780). Ea se sprijină pe aceleași principii ca și dioptrica, dar legile sale sînt foarte diferite. Peridioptrica se bazează pe luarea în considerare a forțelor de atracție: toate corpurile atrag lumina care trece pe lîngă ele. În apropierea corpurilor opace, razele suferă o deviere proporțională cu densitatea superficială cu un anumit factor de afinitate și cu inversul pătratului distanțelor. Această deviere, care rămîne un fenomen destul de grosolan, nu pare reductibilă la cea pe care ar produce-o difracția.

Pe de altă parte, lumina este compusă din trei culori primare: galben, roșu și albastru, care sînt deviate în mod diferit de corpurile opace, galbenul fiind mai deviat decît roșul și încă mai mult decît albastrul. Ca urmare, în apropierea acestor corpuri, lumina este descompusă în trei raze fundamentale (fig. 35).

Dimpotrivă, refracția (la traversarea corpurilor) a razelor fundamentale este aceeași. Numai pentru că s-a confundat refracția cu devierea (la suprafața corpurilor), s-a atribuit diferitelor culori o refractare diferită: de exemplu, după Marat, în celebrele experiențe newtoniene asupra dispersiei, raza care ajunge pe suprafața prismei este deja descompusă în trei raze eterogene către marginile orificiului care i-a permis trecerea. Această descompunere prealabilă antrenează o incidență diferită și, în consecință, o refracție deosebită (fig. 36). Dar dacă se restabilește o incidență egală, refracția celor trei raze eterogene este identică. „Este regretabil, conchide Marat, că un geniu atît de mare (Newton) și-a pierdut atît de mult timp pentru cercetări atît de zadarnice".

Părerile lui W. Goethe *(Beiträge zur Optik*, 1791; *Zur Farbenlehre*, 1810), mai radical antinewtoniene, sînt urmarea a cu totul altor sentimente. Pînă la călătoria sa în Italia (în anul 1786), Goethe admite doctrina oficială. Cunoașterea picturii italiene pare să-l ducă, încetul cu încetul, la însușirea unei filozofii a naturii, inspirată de o interpretare simbolică, susceptibilă să unească omul cu un univers concret, fără să-l supună rigidității analizei algebrice și abstracțiilor înșelătoare.

Totuși Goethe a adunat o documentație considerabilă asupra teoriilor opticii din secolul al XVII-lea. Pare destul de ciudat că el a adoptat părerile lui P. Castel (inventatorul clavecinului ocular) sau ale lui P. Kircher; pare ciudat și faptul că el a împărtășit neîncrederea lui Bernardin de Saint-Pierre față de mașinile de fizică „care ne înșeală cu aparența lor savantă", nesocotind astfel valoarea intuitivă și sintetică a gîndirii științifice.

Se poate ușor recunoaște originea platonică și neoplatonică a unor afirmații ale lui Goethe. „Ochiul se formează la lumină pentru lumină, pentru ca lumina exterioară să se contopească cu lumina interioară". Pretinzînd totalitate, ochiul răspunde întunericului prin lumină, luminii prin umbră, culorii prin reproducerea unei tente complementare. Astfel se constituie o teorie fiziologică a culorilor și se reînvie doctrina peripatetică: culorile redevin un amestec de umbră și de lumină favorizat de intervenția mediilor tulburi.

Prima experiență a lui Goethe constă în a examina un perete alb printr-o prismă. Irizațiile apar numai la margini. (În adevăr, în acest caz se produce o suprapunere a diferitelor imagini monocromatice.) Goethe trage de aici concluzia că hotarul dintre umbră și lumină este cel care ar da naștere culorilor. Coloratiile se produc ca urmare a unui antagonism: Culoarea este „acțiunea și suferința luminii". Astfel, ca și Platon, Goethe traduce prea *ad literam* această convingere profundă că echivalentul lumii exterioare există în noi. „Dacă n-aș purta în mine lumea, aș fi rămas un orb cu ochi vii" *(Scrisori către Eckermann)*. Afirmație admirabilă, care nu neagă fizica, ci, din contra, o dezvoltă, mergînd pe căi mult mai subtile.

TEORIILE NEWTONIENE ÎN CERCURILE ȘTIINȚIFICE SPECIALIZATE. DISCIPOLII: BOŠKOVIĆ. În cercurile științifice competente se cunosc avantajele și limitele opticii newtoniene. Majoritatea părților slabe ale teoriei fuseseră scoase în evidență de Huygens și Leibniz. Discipolii lui Newton vor sublinia deseori dificultățile teoriei, încercînd să precizeze și să îmbunătățească anumite puncte deosebit de controversate.

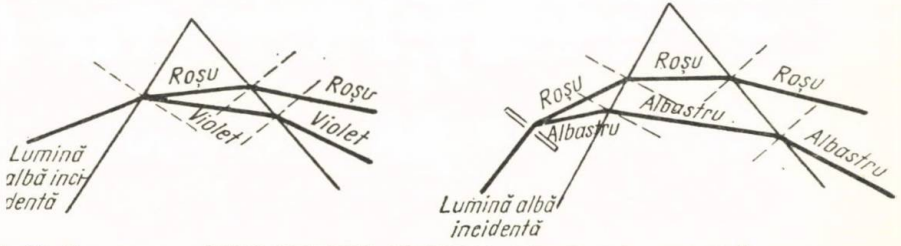


FIG. 36. DISPERSIA, DUPĂ NEWTON *(STÎNGA)*; DEVIEREA, URMATĂ DE REFRACȚIE, DUPĂ MARAT *(DREAPTA)*

Este destul de remarcabil faptul că preotul Bošković (Rudžer Bošković, 1711—1787), discipol al lui Newton, a criticat unul dintre argumentele favorabile acestei teorii: propagarea rectilinie. El arată că aceasta nu este nici riguros verificată și nici nu poate fi riguros demonstrată *(Dissertatio de lumine*, Roma, 1749).

R. Bošković va încerca mai cu seamă să lămurească semnificaţia teoriei acceselor. Newton presupunea că accesele de transmisie mai uşoară şi accesele de reflexie mai uşoară sînt produse de o interacţiune a corpusculelor luminoase cu eterul. După această ipoteză, care decurge dintr-o teorie mixtă, s-ar produce unde susceptibile de a se propaga mai repede, de a preceda corpusculul şi de a-i asigura astfel admiterea sau respingerea. Bošković admite o teorie mai riguros corpusculară, dar corpusculele materiale se reduc la un ansamblu de puncte caracterizate printr-o forţă de atracţie sau de repulsie. Astfel, aceste centre de forţă, fără întindere, sînt înconjurate de o sferă de acţiune alternativ de atracţie sau de repulsie, în funcţie de rază. Alternanţele de atracţie şi de repulsie se exercită asupra particulelor luminoase şi se dovedesc suficiente pentru explicarea opacităţii sau a transparenţei, a reflexiei sau a transmisiei. Fenomenele de refracţie, de dispersie şi chiar de difracţie şi de dublă refracţie se explică cu ajutorul aceluiaşi principiu. Dacă Bošković nu supune această interpretare unor exigenţe cantitative riguroase, expunerile sale fac totuşi să apară în mod clar dificultăţile pe care le întîmpină teoria corpusculară, de îndată ce se doreşte precizarea unora dintre consecinţele ei esenţiale.

CONTINUATORII UNEI OPTICI A VIBRAŢIILOR: L. EULER. Din anul 1735, Euler atrăsese atenţia asupra inexactităţii unei afirmaţii celebre a lui Newton: demonstrînd că dispersia şi refracţia nu sînt proporţionale, Euler trage concluzia posibilităţii obţinerii unor sisteme optice acromatice.

Meditaţiile sale l-au determinat să înlăture atît principiile lui Descartes, cît şi pe cele ale lui Newton. Newton respinsese ipoteza unui univers plin, care ar opune rezistenţă mişcării aştrilor. Dar universul lui Newton, umplut cu particule luminoase care se deplasează în toate direcţiile, nu este mai vid decît spaţiul cartezian. De altfel, teoria newtoniană reclamă ipoteze tot atît de puţin verosimile ca şi postulatele lui Descartes: emisia particulelor luminoase ar duce rapid la epuizarea surselor; mişcările atît de diferite ale particulelor emise ar trebui să se împiedice unele pe altele; în sfîrşit, propagarea luminii prin corpurile transparente presupune existenţa unor pori dispuşi în linie dreaptă, în toate direcţiile.

Aceste obiecţii îl fac pe Euler să se ralieze teoriilor eterului vibrant. Elastic, eterul pătrunde toate corpurile şi umple vidul. Vibraţiile sale produc senzaţii luminoase aşa cum cele ale aerului produc sunetele. De aceea, corpurile luminoase nu pierd nici un fel de substanţă.

„Lumina nu este altceva decît o agitaţie sau o zguduire între particulele de eter", explică Euler *(Lettres à une princesse d'Allemagne)*. Ea se propagă mult mai repede decît sunetul, pentru că densitatea eterului este mult mai mică decît cea a aerului, iar elasticitatea sa mult mai mare. Dar ce forţă întreţine această agitaţie extremă a particulelor, formînd corpurile luminoase? Nu ştim — recunoaşte Euler, — dar în ea nu este nimic care să şocheze bunulsimţ, şi „ar trebui să fim mulţumiţi cînd ideile noastre nu cuprind nimic revoltător".

Vederea corpurilor „opace" (adică neluminoase prin ele însele) nu se produce prin reflexie, căci, dacă ar fi astfel, ar trebui să vedem, ca într-o oglindă însuşi corpul care luminează, şi nu obiectul luminat. Imaginea sa ar depinde de poziţia corpului iluminat şi de cea a observatorului. Or, noi ştim că nu este aşa.

Sub influenţa unei lumini incidente, particulele care formează corpurile opace — de obicei, în repaus — încep să vibreze. Cu cît această lumină este mai puternică, cu atît agitaţia este mai vie. Cu toate acestea, ea nu este susţinută de o putere intrinsecă şi nu subzistă prin ea însăşi. Astfel, razele provenind de la corpurile opace sînt proprii acestor corpuri. Ele pleacă în toate direcţiile, ceea ce deosebeşte acest fenomen de cel de reflexie.

Un fenomen asemănător cu vibraţiile particulelor puse în mişcare de o lumină incidentă există şi în acustică: o coardă întinsă vibrează prin rezonanţă cînd o coardă asemănătoare este excitată. Vibraţiile, care sînt deosebit de intense dacă se realizează unisonul, dispar dacă excitaţiile primite sînt cu totul incoerente. De asemenea, există diferenţe mari între posibilităţile de vibrare ale diferitelor corpuri opace. Or, în funcţie de frecvenţa vibraţiilor, aceste molecule emit raze cu pulsaţii diferite, care corespund diferitelor senzaţii de culoare. Culorile corpurilor opace nu sînt deci produse datorite reflexiei selective a razelor solare, ci de vibraţii proprii moleculelor corpurilor opace, declanşate de lumina incidentă.

Pentru Newton, culorile corpurilor opace se datorează absorbţiei selective a luminii incidente. Pentru Euler, ele rezultă dintr-o absorbţie totală, urmată de o reemisie selectivă, care caracterizează corpul iluminat. Acest mecanism este apropiat celui la care se recurge în explicarea modernă a fluorescenţei şi a fosforescenţei. Unele corpuri opace, semnalează de altfel Euler, sînt luminoase chiar cînd iluminarea a încetat: este vorba de o aptitudine cu totul particulară de a produce vibraţii.

Teoria lui Euler este departe de a înlătura marile dificultăţi pe care le aduce cu sine, în epoca aceea, o teorie ondulatorie. Proprietăţile eterului, care i se par atît de intuitive, aveau să conducă la caracteristici puţin verosimile. Cu toate acestea, teoria lui Euler are meritul de a scoate în evidenţă dificultăţile pe care le întîmpina teoria emisiei, dificultăţi care deveneau imposibil de neglijat. Arătînd limitele teoriei newtoniene, teoria lui Euler reînnoieşte concepţiile lui Malebranche, Grimaldi, Huygens şi Leibniz. Începînd cu sfîrşitul secolului al XVIII-lea, ea pregăteşte calea rodnică, dar dificilă, pe care vor porni, în curînd, Malus, Young şi Fresnel.

PRINCIPIUL „ECONOMIEI NATURII". Pe la mijlocul secolului al XVIII-lea iau din nou avînt discuţiile în jurul „principiului economiei naturii", formulat de Fermat încă din jurul anului 1664 (cf. *supra*, pp. 321—322). Admiţînd, împotriva părerii lui Descartes, că viteza luminii este mai mare în aer decît în apă, acesta reuşeşte să arate că traiectoria razei refractate, prevăzută de legea sinusurilor, este şi cea care dă timpul de parcurs minim. Un principiu de „economie a naturii" conduce deci la legi corecte ale refracţiei, dacă se admite că viteza luminii este mai mare în mediile mai puţin refringente. Această

propoziție era contrară atît ipotezelor newtoniene, cît și principiilor carteziene. Admițînd aceste teorii, succesul unui principiu al economiei naturii rămînea deci de neînțeles.

Fermat nu disociase în mod net un principiu al timpului minim de cel care ar introduce o rezistență minimă a mediului. În 1682, Leibniz, dimpotrivă, face distincție cu grijă între definirea „drumului cel mai ușor" și noțiunile de traiectorie sau de timp minim. Pentru el, dificultatea drumului este minimă atunci cînd produsul dintre lungimea acestui drum și rezistența învinsă pentru a-l parcurge este și el minim. Ca și Fermat, Leibniz admite legea sinusurilor și trebuia deci să ajungă la aceeași „dificultate", dacă nu o evita, postulînd că rezistența mediului este invers proporțională cu viteza luminii în acel mediu. Astfel, definind indicele ca și Fermat ($\text{rezistența}_{apă}/\text{rezistența}_{aer} = n>1$), Leibniz ajunge totuși la concluzii opuse: $v_{apă}/v_{aer}>1$; legea sinusurilor ($n>1$) presupune, desigur, că viteza luminii crește cu refringența mediului; cu toate acestea, afirmația lui Leibniz și comparațiile pe care se bazează par prea paradoxale pentru a cîștiga adeziunea generală.

În 1744, Maupertuis, care nu cunoștea cercetările lui Leibniz, definește, la rîndul său, un principiu al „economiei naturii" și îl aplică unei „cantități de acțiune"[2], produsul dintre lungimea drumului parcurs, viteza și masa mobilului (sau produsul dintre lungimea drumului și cantitatea de mișcare a mobilului care-l parcurge). În cazul corpusculelor luminoase, masa este o constantă care nu intervine: atunci cantitatea de acțiune este minimă, dacă legea sinusurilor este satisfăcută și dacă viteza luminii crește cu refringența mediului. În felul acesta, aplicarea unui principiu satisfăcător la o „acțiune", definită corect, îl conduce totuși pe Maupertuis la rezultate eronate în cazul teoriilor luminii.

De fapt, aplicarea principiului acțiunii minime în cazul fenomenelor luminoase presupune o propagare de unde și reclamă o definiție mai generală a cantității de acțiune. Legătura acestui principiu cu legile generale ale mecanicii avea să fie pusă în evidență în lucrările lui Hamilton și Jacobi. Dar abia Louis de Broglie, generalizînd asocierea undă-corpuscul, avea să precizeze semnificația și limitele vechiului principiu al economiei naturii, devenit lege a acțiunii staționare.

[2] A se vedea studiul citat, al lui R. DUGAS și P. COSTABEL, pp.494–495.

CAPITOLUL II

Acustica, din secolul al XVI-lea pînă în secolul al XVIII-lea

Știința sunetelor merită o mențiune specială în cursul secolelor al XVII-lea și al XVIII-lea. Deși formarea vibrațiilor longitudinale ale aerului, sub forma de unde sonore, era cunoscută încă din antichitate, după cum o atestă Heron, grecii s-au mulțumit să caute rapoartele simple care permiteau să se compare, din punct de vedere muzical, coardele vibrante. Fără îndoială, ei au transmis ideea că sunetul este legat de șocuri și de mișcările vibratorii foarte repezi care rezultă din ele, dar ei nu au întreprins, pentru aceasta, un studiu prealabil al naturii sunetului. De-abia în cursul secolului al XVII-lea, acustica se dezvoltă în paralel cu mecanica, constituindu-se ca una dintre ramurile acesteia, dar înregistrînd și dezvoltări autonome, încît se desprinde de arta muzicală, pentru a deveni o adevărată știință a fenomenului sonor.

COARDELE VIBRANTE. Dată fiind moștenirea din antichitate, este natural să găsim problema coardelor vibrante pe primul plan al cercetărilor teoretice asupra emisiei sunetului. Galilei a fost acela care, în lucrarea sa *Discorsi*, din anul 1638, formulează noțiunea de frecvență a vibrațiilor unei coarde, caracterizează înălțimea relativă a două sunete prin raportul frecvențelor lor și arată modul în care frecvența unei coarde vibrante depinde de lungimea, de tensiunea (întinderea) și de masa acesteia. Cam în aceeași epocă, M. Mersenne determină experimental că raportul dintre numerele de vibrații a două coarde de aceeași lungime și de aceeași tensiune este egal cu raportul rădăcinilor pătrate ale maselor, și că, pentru două coarde de lungimi și mase identice, aceleași numere sînt proporționale cu rădăcina pătrată a greutăților care le întind. El observă că o coardă întinsă dă naștere, pe lîngă nota fundamentală, la ceea ce Joseph Sauveur (1653-1716) va denumi armonice superioare, dar el nu descoperă cauza fenomenului.

Această descoperire, care cerea un studiu al stării vibratorii a coardei, este realizată de englezii W. Noble și Th. Pigot, și expusă de Wallis în anul 1677. Ea a fost dezvoltată, într-un mod independent, de Sauveur (1700), care experimentează cu ajutorul unor călăreți de hîrtie și determină astfel poziția nodurilor și a ventrelor pe coarda vibrantă. El intuiește noțiunea de unde sta-

ţionare şi foloseşte fenomenul bătăilor[1] şi al rezonanţei, stabilind legătura cu alte observaţii referitoare la tuburile de orgă. Starea embrionară a teoriei sale nu îl împiedică să descopere rapoartele simple ale vibraţiilor care sînt emise, pe lîngă nota fundamentală, de o coardă vibrantă, şi tocmai acestor sunete el le dă denumirea de armonice superioare.

Carré (1709) şi Ph. de La Hire (1716) afirmă că sunetul provocat de coardă provine de la „tremurul" moleculelor produs de vibraţiile coardei, în timp ce, în *Principiile*, Newton este de părere că vibraţiile sînt cele care generează direct sunetele. În timp ce savanţii încep astfel să-şi pună în mod serios problema naturii sunetului şi ezită asupra principiului pe care trebuie să-l adopte, cercetările teoretice asupra stării vibratorii a coardelor vibrante se înmulţesc şi constituie un capitol strălucitor al mecanicii raţionale. În anul 1715, Brook Taylor, dezvoltînd rezultatele obţinute de Mersenne, determină frecvenţa vibraţiei fundamentale a unei coarde vibrante.

Rezultatul lui este echivalent cu formula modernă:

$$n = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{T}{m}},$$

unde L este lungimea coardei, T — tensiunea ei, m — densitatea liniară şi n — frecvenţa vibraţiei.

Jean Bernoulli presupune greşit că curba vibraţiilor este o cicloidă. Fiul său Daniel stabileşte primele ecuaţii diferenţiale ale problemei, fără a reuşi însă să le integreze. Abia d'Alembert, în anul 1747, explicitează şi integrează ecuaţia fundamentală cu derivate parţiale:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = a^2 \frac{\partial^2 y}{\partial t^2},$$

unde y reprezintă abaterea transversală a moleculei de abscisă x pe coardă, abatere care este funcţie atît de x, cît şi de timpul t.

Interpretarea celor două funcţii arbitrare care intervin în soluţia acestei ecuaţii a atras după sine lungi discuţii care au contribuit la dezvoltarea rapidă a teoriei ecuaţiilor cu derivate parţiale. Euler, d'Alembert, Daniel Bernoulli, Monge, Lagrange şi Fourier au jucat aici un rol de seamă[2]. Daniel Bernoulli şi Lagrange au abordat studiul teoretic al tuburilor vibrante, în timp ce, datorită mai cu seamă lui Daniel Bernoulli şi lui Euler, fenomene vibratorii foarte diferite, ca cele ale barelor, inelelor, clopotelor sau timpanelor, au fost studiate matematic şi au căpătat astfel acelaşi tip de reprezen-

[1] Fenomenul bătăilor este folosit de Sauveur pentru a realiza un etalon de frecvenţă şi pentru a determina înălţimea unei note oarecare. Pe la mijlocul secolului al XVIII-lea, Sorge, Romieu şi Tartini atrag atenţia asupra posibilităţii de a obţine bătăi cu frecvenţă muzicală (egală cu diferenţa frecvenţelor sunetelor care interferează). — *N.A.*

[2] În legătură cu aceasta, v. studiul lui R. TATON, pp. 467—468.

tare, independent de orice teorie a sunetului. Această matematizare va furniza totuşi acusticii un instrument de lucru fundamental.

Studiul stărilor vibratorii nu a rămas de altfel pur teoretic, ci a provocat numeroase încercări de verificări experimentale. Conduse metodic, la sfîrşitul secolului al XVIII-lea, de către Ernest Friedrich Chladni (1756—1827), ele au scos în evidenţă, alături de oscilaţiile transversale ale coardelor, oscilaţii longitudinale şi oscilaţii de torsiune. Chladni a studiat, de asemenea, vibraţiile diapazonului şi, pentru a controla indicaţiile lui Euler asupra vibraţiei pieilor, a folosit metoda care constă în a face să apară liniile nodale pe plăci vibrante, presărîndu-le cu nisip. El a făcut şi experienţe pe clopote umplute cu apă, starea vibratorie a clopotului frecat fiind indicată de unde la suprafaţa apei.

UNDELE SONORE. Noţiunea de undă şi de propagare a unui fenomen ca o mişcare specifică, ondulatorie, se conturează încetul cu încetul în cursul celei de a doua jumătăţi a secolului al XVII-lea. În lucrarea sa, *Traité de la lumière* (1690), Huygens dă o expunere formală a acesteia, dar toate ideile pe care le prezintă pluteau în aer de vreo cîţiva ani. În lucrarea sa, *Physico-mathesis*, din 1665, Grimaldi vorbeşte despre o analogie între valurile apei şi propagarea luminii. Mai explicit este părintele Ango şn tratatul său de *Optică*, publicat în anul 1682, după un manuscris al părintelui Pardies, care se referă tocmai la mişcarea ondulatorie:

„Este mişcarea la care apelează acum filozofii acestei epoci care compară umflările şi comprimările părţilor de aer, cerute de Aristotel pentru producerea sunetului,cu undele ce se văd ridicîndu-se la suprafaţa unei ape liniştite, cînd aruncăm în ea o pietricică."

După mărturia lui Ango, analogia cu valurile de apă este deci aplicată mai întîi fenomenului sonor. Apoi el o aplică luminii, singura deosebire între sunet şi lumină fiind aceea că lumina presupune vibraţii mult mai rapide şi un mediu de propagare apt pentru aceste vibraţii, mai fin decît aerul, şi care este „eterul". Huygens nu schimbă cu nimic această concepţie şi tratează, fără a le deosebi, sunetul şi lumina, ca fiind constituite de vibraţii longitudinale, dar lumina îl interesează mai mult şi teoria sa ondulatorie are o slabă influenţă asupra dezvoltării acusticii. Cu toate că nu se referă în mod special la unde, Newton, în *Principii*, reprezintă sunetul ca şocuri ce se propagă din moleculă în moleculă, în mod uniform în toate direcţiile, indicînd că viteza de propagare este proporţională cu cîtul dintre rădăcina pătrată a elasticităţii şi densitate. Această formulă nu avea să-şi găsească confirmarea experimentală decît atunci cînd Laplace, în anul 1826, a înlocuit compresibilitatea izotermă prin compresibilitatea adiabatică. În timp ce teoria ondulatorie şi aplicarea calculului la fenomenul sonor rămîn, cu toate intuiţiile fericite şi coincidenţele favorabile, în stare embrionară, unele elemente esenţiale sînt dobîndite la sfîrşitul secolului al XVII-lea.

Otto von Guericke, inventatorul maşinii pneumatice (1650), arată că sunetul, contrar luminii, nu se propagă în vid. Boyle, Denis Papin şi Hauksbee completează aceste experienţe, arătînd că aerul este cel care transmite vi-

brația sonoră. Cu toate acestea, abia în anul 1779 Priestley stabilește că intensitatea sunetului transmis printr-un gaz este proporțională cu densitatea acestuia. Derham, experimentînd asupra vitezei sunetului potrivit concepțiilor lui Newton, constată că această viteză este independentă de intensitate, dar că ea este mai mare în sensul vîntului decît în sens contrar. În sfîrșit, se meditează asupra fenomenului ecoului și se încearcă folosirea lui (Mersenne), pentru măsurarea vitezei sunetului. Morland (1671) inventează portavocea, dar o explică greșit prin reflexii pe pereții tubului. Concluzia ce se impune în lumina tuturor acestor fapte este bine formulată de Ango: „În sunet există altceva, mai mult decît o pură calitate" cum ar vrea scolasticii, și acest ceva sînt „vibrația" și „ondulațiile" aerului. În ciuda unei terminologii insuficiente, deosebirea dintre intensitate (amplitudinea vibrațiilor) și înălțimea sunetului (frecvența lor) este de asemenea clar exprimată de Ango și această constatare ne arată că analiza sunetului este pe calea cea bună.

Secolul al XVIII-lea o completează în mai multe puncte importante. Comisia, numită de Academia Regală de Științe din Paris, și compusă din Jacques Cassini, Maraldi și Lacaille, pentru a măsura corect viteza sunetului, dă în anul 1738 rezultatul lucrărilor sale: 173 de stînjeni (adică 337 m) pe secundă, rezultat mult mai bun decît cele date mai înainte de Mersenne, Gassendi, Borelli și Viviani. Compunerea geometrică cu viteza vîntului, independența de presiune, creșterea cu temperatura sînt alte cîteva elemente prezentate de această comisie, ale cărei rezultate nu vor fi îmbunătățite decît în secolul al XIX-lea.

Pentru că se nega elasticitatea apei și a lichidelor în general, la sfîrșitul secolului al XVII-lea se considera imposibilă propagarea sunetului în lichide. Nollet dovedește, în anul 1743, că sunetul este condus și de apă. Cufundîndu-se în Sena, el constată că semnalele sonore pe care le aude au aceeași înălțime, dar intensitatea modificată. Folosind apă lipsită de aer, Nollet demonstrează că sunetul nu este condus de aerul conținut de apă. Pérolle, în anul 1791, prin diferite încercări, arată că printr-un lichid sunetul se propagă mai departe decît prin aer. La rîndul său, Chladni efectuează măsurători indirecte ale vitezei sunetului în diferite corpuri solide și în diferite gaze.

Astfel, bilanțul secolului al XVIII-lea este departe de a fi neglijabil: o cunoaștere mai precisă a propagării sunetului în aer, punerea în evidență a independenței frecvenței vibrațiilor față de mediul de transmisie. Deci, la sfîrșitul secolului al XVIII-lea, natura sunetului apare ca esențialmente caracterizată printr-o stare vibratorie. Terenul fiind astfel defrișat, putea fi întreprins studiul fenomenelor de interferență, de rezonanță, analiza sunetelor complexe compuse prin suprapunerea mai multor sunete simple sau armonice, de unde rezultă noțiunea de timbru[3].

[3] Rolul armonicelor în timbru a fost bănuit de Rameau (1726) și înțeles în mod limpede de Monge (către anul 1780), dar această descoperire a rămas practic ignorată timp de aproape un secol, pînă la Helmholtz.

VOCEA OMENEASCĂ. În *Legile* sale, Platon arătase că vocea omenească trebuie să fie considerată ca urmînd și ea regulile armoniei muzicale și că sunetele vocale se disting după reunirea tonurilor ridicate și a tonurilor grave. Dar studiul vocii nu putea fi întreprins înainte ca analiza sunetului să se precizeze. Samuel Reyher (*Mathesis mosaïka*, 1619) observă că într-un sunet se aude nu numai sunetul fundamental, ci și armonicele. Reluînd această idee, Rameau (*Nouveau système de musique théorique*, 1726) experimentează pe vocalele cîntate și face prima încercare de analiză vocală. Hellwag, în disertația sa susținută la Tübingen (1780), și Flörke (1803—1804) confirmă faptul admis de Reyher că sunetele proprii ale cavității bucale sînt diferite pentru fiecare vocală în parte.

Aportul secolelor XVII și XVIII pentru cunoașterea vocii se limitează la aceste cîteva elemente. Pentru a merge mai departe, trebuia să se descopere existența coardelor vocale și a unor dispozitive experimentale adecvate: rezonatoarele permițînd exersarea urechii pentru a analiza sunetele și a discerne armonicele superioare.

URECHEA. Primul care se pare că a încercat să determine limitele de audiție ale urechii este Sauveur (1700). Euler (*Tentamen novae theoriae musicae*, Petersburg, 1739) s-a ocupat și el de aceasta și a notat dificultatea datorată variațiilor în funcție de observatori. Rezultatele lor sînt mai puțin importante decît faptul de a le fi exprimat prin simpla înălțime a sunetelor, mărturie nouă despre atenția acordată acestui element caracteristic. În așteptarea descoperirii mecanismului audiției, secolul al XVIII-lea este jalonat de cîteva studii asupra consonanței și a disonanței, datorate lui Euler, Tartini (*Trattato di musica*, 1754), d'Alembert (*Éléments de musique*, 1762). Dar aceste studii se mărginesc la considerații asupra rapoartelor simple dintre frecvențele vibrațiilor percepute în mod simultan.

În concluzie, la sfîrșitul secolului al XVIII-lea, aparatul matematic, pregătit prin studiile asupra coardelor și a altor corpuri vibrante, nu și-a găsit încă aplicarea completă la fenomenul sonor. Numai joncțiunea cu studiile fizice asupra naturii esențialmente vibratorii a sunetului, independent de mediul suport, va permite, pe la începutul secolului al XIX-lea, punerea la punct matematică, datorită seriilor Fourier, a analizei sunetului, și avîntul unei adevărate științe cu aplicații multiple.

CAPITOLUL III

Căldura, din secolul al XVI-lea pînă în secolul al XVIII-lea

Importanţa energiei termice în viaţa omenirii este imensă şi evidentă. În primul rînd, este vorba de căldura solară, element indispensabil întregii vieţi vegetale sau animale, care condiţionează alternanţa anotimpurilor, repartiţia climaterică şi fluctuaţiile sale. În al doilea rînd, este focul, a cărui descoperire — una dintre cele mai mari realizări tehnice ale omului — a răsturnat condiţiile de alimentaţie şi a permis naşterea şi dezvoltarea unor tehnici atît de importante ca ceramica şi metalurgia.

Dar analiza acestor fenomene este delicată şi dificilă în aceeaşi măsură în care fenomenele înseşi sînt importante pe plan practic. Motivul principal al unei astfel de situaţii, care de altfel a atras după sine o întîrziere considerabilă a dezvoltării lor teoretice, rezidă în dificultatea de a izola şi de a conceptualiza elementele fundamentale: temperatura şi cantitatea de căldură. Într-adevăr, acestea din urmă intervin într-un context fizic extrem de complicat, în care cauzele şi efectele se întretaie, implică variate domenii ale fizicii (mecanica, schimbările de stare, optica, electricitatea şi altele), chimiei (arderea, diferite reacţii), fiziologiei (căldura animală) şi psihofiziologiei (noţiunile de cald şi frig), precum şi alţi factori intim asociaţi.

Importanţa acordată „focului" este atestată de locul privilegiat pe care îl deţine în toate marile sisteme cosmologice şi fizice elaborate în decursul antichităţii. Formulată în cursul secolului al V-lea î.e.n., doctrina empedocleană a „celor patru elemente" — apa, aerul, focul şi pămîntul — va continua să cunoască un larg succes pînă spre sfîrşitul secolului al XVIII-lea. Aristotel a adoptat această teorie şi a completat-o; el a afirmat existenţa celor patru elemente de bază, două perechi cu calităţi contrarii — caldul şi frigul, uscatul şi umedul — a căror unire necontradictorie corespunde celor patru elemente (de exemplu, focul este cald şi uscat, aerul — cald şi umed etc.). Temperatura (sau temperamentul) unui corp indică proporţiile în care se amestecă aceste două perechi de calităţi fundamentale. Această concepţie, adoptată aproape de toată lumea, pînă la Renaştere, a fost mai apoi completată, pe un plan medical, prin distincţia — complementară şi pur calitativă — introdusă de Galien între patru grade posibile de cald şi patru de frig. Prin urmare, se pare că era în afara discuţiei reducerea calităţilor fundamentale la alte concepte, mai cantitative. Deşi foarte subiectivă

și cu aplicabilitate redusă, impresia psihofiziologică de cald și frig a rămas pînă în secolul al XVII-lea singurul mijloc de apreciere a noțiunii de temperatură, atît pentru necesități medicale, cît și pentru observații meteorologice sau fizice.

A. ÎNCEPUTURILE TERMOMETRIEI

TERMOMETRUL CU AER. Anumite efecte ale dilatării solidelor și lichidelor fuseseră observate încă din antichitate, iar dilatarea termică a aerului și a vaporilor de apă fusese aplicată funcționării unor instrumente ingenioase, folosite de cele mai multe ori ca automate. Astfel, Filon din Bizanț (secolele III—II î.e.n.) și Heron din Alexandria (secolul I î.e.n.?) descriu, ultimul în lucrarea *Pneumaticele*, un fel de termoscoape care permiteau să se pună în evidență încălzirea sau răcirea aerului dintr-un balon. Dar se pare că, cu această ocazie, nu a fost încercat nici un mijloc de măsurare a temperaturii: în adevăr, Filon, deși influențat de mecanismul elaborat de Democrit (prin intermediul lui Straton), se referă la teoria aristotelică a calităților. Publicarea în 1575, de către Commandino, a unei traduceri în latină a *Pneumaticelor* lui Heron a readus la modă aceste instrumente, în momentul în care însești principiile fizicii aristotelice începeau să fie serios contestate. De altfel, este simbolic că Galilei a fost cel care pare a fi redescoperit primul termoscopul (prin 1592); unul dintre rarele texte ale lui, care se referă explicit la acest instrument, condamnă distincția aristotelică dintre frig și cald drept calități fundamentale. Partizan entuziast al metodelor cantitative în biologie, Santorio a fost printre primii care a utilizat (încă înainte de 1612) o scară termometrică. Aceasta, definită prin punctele sale extreme (temperatura zăpezii, și cea a flăcării unei lumînări), cuprindea o gradare uniformă cu subdiviziuni zecimale. Folosind acest instrument pentru a aprecia temperatura corpului uman în scopuri medicale, Santorio a dus la ruină vechea credință după care corpul omenesc este mai rece noaptea decît ziua. Alte termoscoape, inspirate după modelele lui Filon, Heron sau Santorio, au mai fost descrise de numeroși autori ai epocii: C. Drebel (aproximativ 1600), Francis Bacon (1620), J. Leurechon (1624), R. Fludd (1638), A. Kircher (1641), O. von Guericke (1672) etc. Dar termoscopul cu aer, numit cam impropriu de Leurechon termometru, nu era decît un instrument de măsură prea puțin fidel, sensibil nu numai la variațiile de temperatură, ci și, în mod egal, la cele ale presiunii atmosferice. Acest ultim defect, observat după primele cercetări barometrice, a fost semnalat mai întîi de Pascal în 1648 și apoi de Boyle în 1662. La această condamnare cam sumară s-a adăugat faptul că în acești ani termometrul cu lichid începuse să concureze serios pe cel cu aer.

PRIMELE TERMOMETRE CU LICHID. Prima mențiune cunoscută despre un termometru cu lichid se află într-o scrisoare a lui Jean Rey către Mersenne,

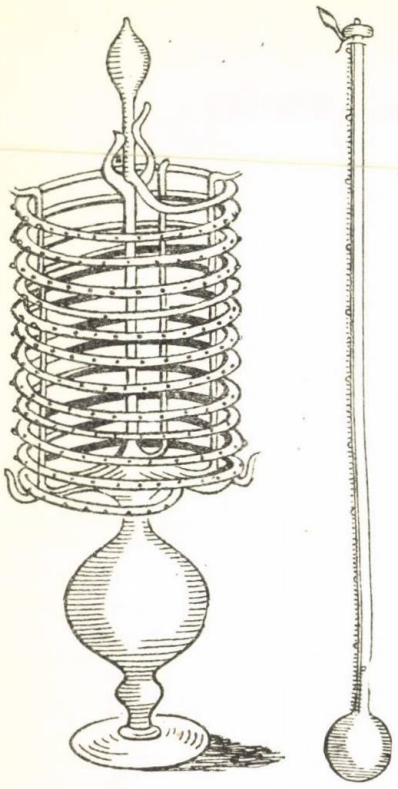


FIG. 37. DOUĂ VARIANTE DE TERMOMETRU REALIZATE PRIN 1660 LA *ACCADEMIA DEL CIMENTO (MUSEO DI STORIA DELLA SCIENZA* DIN FLORENȚA)

datată 1 ianuarie 1632. Simplă transpoziție a termoscopului cu aer, acest instrument primitiv se reducea la un balon umplut cu apă, la care se adăugase deasupra un tub deschis. Cîțiva ani mai tîrziu, prin 1650, au fost puse la punct modele mai perfecționate, mai ales la Florența, la curtea marelui duce de Toscana. Era vorba de termometre umplute cu „spiritul vinului" (alcool diluat), ale căror tuburi — unele rectilinii, destinate măsurătorilor, altele de formă mai pretențioasă, menite să fie expuse în saloane — erau sigilate, în scopul reducerii pierderilor prin evaporare, și gradate cu ajutorul unor perle de sticlă (fig. 37); ele permiteau o reperare aproximativă a temperaturii. Pentru a putea utiliza sistematic aceste instrumente la observații meteorologice sau științifice, era necesar să se asigure posibilitatea comparației lor. În acest scop, învățații florentini au definit punctele extreme ale scărilor lor (temperatura minimă a iernii, temperatura animală) și au împărțit intervalul obținut într-un anumit număr constant de părți egale — ceea ce postula uniformitatea calibrării tubului termometric. Rezultatul obținut putea fi controlat, de exemplu, cu gheață în curs de topire. În alte cazuri, era folosit un singur „punct fix", gradarea fiind obținută prin cunoașterea experimentală a coeficientului de dilatare al lichidului termometric utilizat și a raportului dintre volumele interioare al rezervorului și al unei porțiuni determinate a tubului.

Accademia del Cimento a folosit termometrul în cadrul unui vast efort experimental întreprins cu începere din 1657[1], ceea ce i-a adus o considerabilă celebritate. Cîteva exemplare introduse în Franța și în Anglia au contribuit la avîntul științei experimentale și la noi progrese ale termometriei. Perfecționările esențiale care erau de așteptat în această ultimă direcție se situează pe două planuri, unul teoretic — aprofundarea conceptuală a noțiunii de tem-

[1] Savanții florentini vor folosi, de asemenea, serii de ludioane etalonate (aparate speciale pentru studiul proprietăților corpurilor scufundate în apă. - *N.T.*) destinate să urmărească variațiile de temperatură în funcție de variația densității lichidului. — *N.A.*

peratură și definirea unei scări termometrice mai precise și mai raționale — și altul tehnic — realizarea de instrumente mai fidele, mai precise și mai bine adaptate diferitelor necesități teoretice și practice.

Acest dublu efort, conceptual și tehnic, va dura mai mult de un secol înainte de a duce la rezultate suficient de satisfăcătoare, dar în același timp va deschide calea unui studiu teoretic de ansamblu al fenomenelor calorice, unei utilizări practice mai eficiente a efectelor lor și va conduce la importante progrese în numeroase ramuri ale științei pure și aplicate, ca chimia și meteorologia, unde aceste fenomene intervin.

PROGRESUL TERMOMETRIEI ÎN SECOLUL AL XVIII-LEA. Întrucît dilatarea lichidelor părea a fi fenomenul termometric cel mai simplu de observat, rămînea de ales lichidul cel mai comod. Încă din 1693, Halley respinsese folosirea apei din cauza punctului de înghețare prea ridicat al acesteia; în 1772, J.-A. Deluc a menționat un alt neajuns, și anume, neregularitatea dilatării apei și existența unui maxim al densității la 4°C (confirmat în 1805 printr-o celebră experiență a lui Hope)[2]. Lichidul cu coeficient de dilatare ridicat, spiritul vinului — amestec de apă cu alcool — permitea să se obțină termometre foarte sensibile; dar el avea un punct de fierbere foarte coborît și o compoziție prost definită — din cauza lipsei unor idei clare despre deosebirea dintre amestec simplu și reacție chimică, precum și datorită lipsei unei metode precise de măsurare a densităților, care va fi pusă la punct abia în 1768, de Baumé. Totuși, numeroși experimentatori, mai ales Réaumur, reușesc să îmbunătățească funcționarea sa, în așa fel încît folosirea termometrului cu lichid era foarte răspîndită. Lipsit de defectele spiritului vinului, mercurul — mai ales sub o formă purificată—poseda un coeficient de dilatare mai redus, ceea ce i-a întîrziat adoptarea ca lichid termometric. Boulliau l-a folosit încă din 1659, însă abia din 1720 el a devenit larg răspîndit, mai ales în urma lucrărilor lui Fahrenheit. Acesta din urmă se interesa de termometrie încă din 1709, definind prima scară termometrică, care a rămas în vigoare pînă astăzi. După diferite încercări, el fixează ca punct 0° temperatura unui anumit amestec refrigerent, iar ca punct de 96°, cea a corpului unui om sănătos. El verifică astfel că înghețarea apei și fierberea ei la presiune atmosferică normală se produc la temperaturi fixe (respectiv 32° și 212° pe scara sa), puncte foarte curînd adoptate și folosite în mod general ca puncte fixe fundamentale[3]. Cu ajutorul unui instrument special construit, hipsometrul,

[2] Între 0°C (topirea gheții) și 4°C, volumul unei mase determinate de apă scade atunci cînd temperatura crește, adică invers decît se petrece la alte lichide; deasupra temperaturii de 4°C, apa urmează regula generală, volumul crescînd proporțional cu temperatura. Evident, rezultă că apa prezintă un maxim de densitate la 4°C și că, într-un anumit interval în jurul acestei temperaturi, fiecare gradație a unui termometru cu apă corespunde la două valori posibile ale temperaturii. — *N.A.*

[3] Punctul de înghețare al apei, adoptat ca punct intermediar de fizicienii de la Accademia del Cimento, fusese sugerat ca punct fix de Hooke (1665), Huygens (1665), Dalancé (1688), Renaldini 1693), Newton (1701) etc.; dar existența fenomenului de supratopire justifica anumite rezerve în legătură cu aceasta. Punctul de fierbere a apei, suge-

Fahrenheit arată că punctul de fierbere al apei variază în funcție de presiunea externă, fapt care a fost folosit de Deluc la măsurarea altitudinilor; el determină, de asemenea, punctele de fierbere ale diferitelor lichide.

O altă scară termometrică, folosită în anumite țări ale Europei occidentale pînă la începutul secolului al XIX-lea, fixa la 0° și la 80° temperaturile de înghețare și de fierbere ale apei la presiune normală. Deși introdusă sub această formă precisă în 1772 de către fizicianul și meteorologul genevez J.-A. Deluc, în lucrarea sa *Recherches sur les modifications de l'atmosphère*, această scară poartă pe nedrept numele naturalistului francez Réaumur, care, de fapt, își grada termometrele pornind de la un singur punct fix (0°, corespunzînd înghețării apei), printr-un studiu prealabil al dilatării lichidului termometric și o calibrare îngrijită a tubului.

În sfîrșit, scara termometrică centesimală tradițională (avînd 0° și 100° pentru punctele de înghețare și, respectiv, de fierbere ale apei în condiții normale) a fost introdusă în 1743 de J.-P Christin, din Lyon. Această scară — definită astăzi foarte precis pornind de la scara internațională absolută — poartă numele fizicianului suedez A. Celsius, care a folosit-o — sub o formă inversată — începînd din anul 1744.

La baza perfecționărilor aduse construirii termometrelor stă folosirea lor largă în scopuri meteorologice. Aceasta a antrenat, de altfel, punerea la punct și a altor instrumente specifice, ca termometrul cu indicație pentru minim și maxim (Ch. Cavendish — instrumente separate; J. Six, 1782— un singur instrument; D. Rutherford, 1790, *idem*), termometrul cu înregistrare (A. Keith, 1795) etc. Cea mai mare parte a numeroaselor pirometre construite în cursul acestui secol (P. van Musschenbroek, aproximativ 1740; J. Ellicott, 1736; J. Smeaton, 1754; Lavoisier și Laplace, 1781; J. Ramsden, 1785) au de fapt ca obiect studiul dilatării termice a metalelor, în vederea aplicării lor în orologerie sau în meteorologie[4]. Singurul pirometru veritabil a fost construit de J. Wedgwood, în 1782, pentru determinarea temperaturii cuptoarelor de olărie; el este bazat pe dilatarea unor mici cuburi de argilă.

Toate acestea — perfecționarea foarte înceată a diferitelor tipuri, discuțiile nesfîrșite asupra alegerii fenomenului fizic folosit, asupra definirii scării și a gradării sale (un singur punct fix sau două etc.) — trădează, de fapt, caracterul convențional al oricărei încercări de a defini temperatura pornind de la un fenomen fizic concret. Dar abia mult mai tîrziu, în prima jumătate a secolului al XIX-lea, se va stabili clar acest fapt, prin studii compa-

rat de asemenea ca punct fix de Huygens (1665), Renaldini (1693), Amontons (1702) etc., nu era superior altor „puncte fixe" folosite în acea epocă decît dacă atît puritatea lichidului, cît și constanța presiunii erau obligatoriu specificate; nu acesta pare să fie cazul termometrului lui Renaldini care, de altfel, a fost primul care a utilizat simultan cele două temperaturi ale schimbării de stare a apei ca puncte fixe. — *N.A.*

[4] Celebrul inel al lui Gravesande a fost imaginat pentru a dovedi că în timpul dilatării unui inel (sau a unui tub), diametrul exterior crește în același raport ca și diametrul interior. Inventatorul său, W.J. Gravesande (1688—1742), profesor la Universitatea din Leiden (Leyda), a fost un entuziast propagator al fizicii experimentale. — *N.A.*

rative mult mai precise; acestea vor duce la definirea unei scări termodinamice absolute.

Totuși anumite încercări întreprinse încă de la începutul secolului al XVIII-lea, deși premature, deschid această cale.

RENAȘTEREA TERMOMETRULUI CU GAZ ȘI ORIGINILE NOȚIUNII DE TEMPERATURĂ ABSOLUTĂ. Prin 1702—1703, G. Amontons adoptă ca variabilă termometrică presiunea unei anumite mase de aer menținute sub volum constant și corectată pentru fluctuațiile presiunii atmosferice; postulînd, pe baza rezultatelor experimentale, dependența liniară, de temperatură, a acestei variabile, el reabilitează termometrul cu aer sub o formă cu mult mai satisfăcătoare și care va cunoaște un deosebit succes începînd cu mijlocul secolului al XIX-lea. Amontons avea ca obiectiv principal ușurarea comparației dintre măsurătorile făcute în locuri diferite și la timpuri diferite, astfel încît să fie posibilă o vastă anchetă meteorologică pe tot cuprinsul Pămîntului și extinsă pe o îndelungată perioadă. Anticipînd cu aproape un secol și jumătate noțiunea de gaz perfect, el definea astfel temperatura sub forma unei mărimi nu numai observabile, ci și măsurabile; de fapt, pe această cale a fost introdusă ideea de temperatură absolută.

Valorile adoptate de Amontons pentru a indica temperaturile de înghețare și de fierbere ale apei, 51,5 și 73 degete de mercur, permit să se determine un „zero absolut" (expresia aparține lui Lambert) — temperatura la care presiunea aerului ar fi nulă; Amontons numește acest punct „extremul frig al termometrului", —239°C.

Reluînd același raționament, dar pornind de la măsurători mai precise, J.-H. Lambert obține, în lucrarea *Pyrometrie* (1779), valoarea —270,3°C, care se apropie destul de mult de valoarea acceptată astăzi, —273,2°C. Pentru a îmbunătăți precizia, era indispensabil să se știe mai multe despre proprietățile termice ale gazelor, ceea ce presupunea cunoașterea unor asemenea corpuri, altele decît aerul; or, aceasta nu era posibil în epoca despre care vorbim.

STUDIUL PROPRIETĂȚILOR ELASTICE ALE GAZELOR. Dezvoltarea rapidă a chimiei în cursul celei de a doua jumătăți a secolului al XVIII-lea a atras după sine, efectiv, un studiu de ansamblu al proprietăților fizice ale gazelor și în special al relației dintre volumul, presiunea și temperatura unei mase date de gaz. În timp ce legea izotermică a lui Boyle-Mariotte se dovedise satisfăcătoare (în parte datorită redusei precizii cerute și limitelor destul de restrînse ale intervalului de aplicabilitate — și asta pînă la vastele experiențe ale lui Regnault, în secolul al XIX-lea), măsurătorile de densitate, rezultatele privind dilatarea gazului la presiune constantă sau variația presiunii la volum constant apăreau foarte discordante. Măsurători mai precise, în care se acorda o deosebită grijă eliminării principalelor cauze care introduceau erori — mai ales umiditatea gazelor studiate — permit lui Charles să stabilească, încă înainte de 1790, că creșterea presiunii diferitelor gaze la volum constant este proporțională cu creșterea temperaturii lor și cu volumul lor

(așa cum admisese deja Amontons), dar că nu depinde de natura lor. Aceste rezultate nefiind publicate, Gay-Lussac a reluat experiențele în 1802, într-un mod cu mult mai precis, și a făcut cunoscută atît legea găsită mai înainte de Charles, cît și o altă lege înrudită — aceea a dilatării la presiune constantă. Prima jumătate a secolului al XIX-lea va cunoaște o lărgire considerabilă a cercetărilor asupra proprietăților fizice ale gazelor și ale vaporilor; această dezvoltare, condiționată în parte de aplicații, va conduce la descoperirea primelor două legi ale termodinamicii și, în 1848, la introducerea, de către Lord Kelvin, a scării termodinamice absolute, care, bazată pe proprietățile „gazelor perfecte", va înlătura ultimele dificultăți în ce privește noțiunea de temperatură. Dar, chiar din secolul al XVIII-lea, progresele concrete realizate în termometrie vor permite extinderea aplicațiilor lor în chimie și în meteorologie și, în același timp, prin separarea noțiunilor de temperatură și de cantitate de căldură, vor fundamenta calorimetria — tehnică indispensabilă creării termodinamicii.

B. TEORIILE ASUPRA CĂLDURII

În cursul secolului al XVII-lea apar două tipuri de teorii asupra căldurii, opuse una alteia, deși însăși noțiunea de căldură nu este încă prea clară.

Discipolii tîrzii ai atomismului grec, mai ales Gassendi, admit materialitatea focului, pe care ei îl consideră constituit din particule extrem de subtile și de ușoare, dotate cu o mobilitate foarte mare, care pot pătrunde în materia obișnuită în diferitele ei stări și care acționează prin simpla lor prezență. Pentru mecaniciști, căldura rezultă din mișcare și nu din acțiunea directă, mișcare fie a particulelor care constituie materia, ca în prima teorie cinetică a gazelor, elaborată de Daniel Bernoulli în 1727 — teorie în care șocurile corpusculelor asigură conservarea energiei lor cinetice —, fie a unor particule extrem de subtile, asemănătoare celor introduse de atomiști, ca în concepțiile lui Francis Bacon, Descartes, Hooke, Mariotte și Amontons.

DE LA „MATERIA FOCULUI" LA CALORIC. Din cauza lipsei unui argument experimental decisiv, alegerea uneia sau alteia dintre aceste două tipuri de teorii este greu de justificat. Crezînd că ține seama de majoritatea faptelor observate, Boyle adoptă o teorie mixtă, care face să intervină simultan materialitatea — pentru a explica mărirea presupusă a greutății metalelor calcinate în vase închise — și punctul de vedere cinetic — pentru a explica producerea căldurii prin frecare. Newton însuși va recurge, după caz, la poziții destul de divergente. De fapt, concepțiile la modă vor fi, pînă în secolul al XIX-lea, cele care păreau să se integreze în modul cel mai satisfăcător cu putință într-o teorie fizică sau chimică mai generală. Interpretarea eronată a experienței „calcinării" metalelor în vas închis și succesul strălucit al teoriei flogisticului, apoi darea progresivă la iveală a conservării cantității globale de căldură în schimburile pur calorice, au fost pentru chimiștii secolului al XVIII-lea argumente decisive în sprijinul unei teorii corpusculare a căldurii.

Dar, ca și în cazul flogisticului, descoperiri succesive ale chimiștilor, făcute în cursul celei de a doua jumătăți a secolului al XVIII-lea, au dus la modificarea neîncetată a naturii și a proprietăților atribuite acestei materii a focului; materie cu greutate, formată din atomi subtili dar ponderabili, așa cum apărea ea pentru chimiștii începutului de secol (Homberg, Lémery, Boerhaave etc.), se va transforma apoi într-un fluid indestructibil și material, caloricul, pentru Lavoisier și discipolii săi[5] — după ce a cunoscut o soartă din cele mai variate și mai contradictorii în decursul perioadei incerte 1760—1780. Constituirea calorimetriei într-o doctrină simplă și coerentă va consolida această teorie și va asigura supraviețuirea ei pînă către mijlocul secolului al XIX-lea, cînd au putut fi reunite argumente indiscutabile în sprijinul teoriei cinetice.

RUMFORD: PRODUCEREA CĂLDURII PRIN FRECARE ȘI „CONSERVAREA ENERGIEI". Această din urmă teorie nu a fost niciodată complet uitată; în jurul anului 1780, savanți ca Laplace și Macquer mai erau partizani ai acestei teorii, încurajați pe de o parte de un anumit respect pentru tradiția newtoniană, iar pe de alta, de speranța de a putea extinde la domeniul căldurii principiul conservării energiei, deja verificat în cadrul strict al mecanicii. Producerea căldurii prin frecare fusese deja invocată de către Bacon și Boyle în favoarea teoriei mecaniciste. Mai apoi, lucrările lui Denis Papin și construirea primelor „pompe cu foc" au arătat că acțiunea căldurii poate ajuta formarea vaporilor de apă și, prin aceasta, poate exercita forțe considerabile.

În 1798, Benjamin Thompson, conte de Rumford (1753—1814), intervine cu strălucire, folosind teoria mecanicistă, pentru a interpreta considerabila producere de căldură observată în timpul găuririi țevilor de tun. În timp ce adepții caloricului încercau să explice acest fenomen, printr-o modificare a capacității calorice a corpurilor frecate și o eliberare a căldurii lor latente, Rumford, sprijinindu-se pe experiențe precise și forte convingătoare, trage concluzia că posibilitatea de a realiza prin frecare o cantitate de căldură nelimitată nu se poate explica decît în cadrul teoriei mecaniciste, printr-o transformare a energiei mecanice în căldură. Această luare de poziție era în contradicție cu interpretarea restrictivă adoptată de numeroși învățați, pentru care principiile conservării energiei și imposibilității mișcării perpetue, definitiv stabilite în cadrul restrîns al mecanicii, nu ar putea fi extinse la alte domenii. Conjugată cu influența teoriei caloricului, ponderea tradiției era atît de mare, încît, în afară de chimistul Davy, ideile lui Rumford nu s-au bucurat de o primire fără rezerve, iar influența lor nu a început să se simtă decît mult mai tîrziu, prin anul 1820.

[5] A se consulta studiul lui M. DAUMAS (p. 585). Termenul de caloric a fost introdus de Lavoisier. În *Méthode de nomenclature chimique*, publicată de GUYTON DE MORVEAU, LAVOISIER, BERTHOLLET și FOURCROY în 1788, acest caloric figurează de altfel în fruntea listei elementelor simple. — *N.A.*

PROBLEMA CĂLDURII RADIANTE. Totuși un alt argument împotriva teoriei caloricului se forma între timp: este vorba de înțelegerea treptată a analogiei dintre căldura radiantă și lumină. Încă din secolul al XVII-lea se făceau numeroase experiențe asupra acestei probleme, dar importanța fracțiunii de radiații calorice absorbite de lentilele de sticlă masca această analogie pentru majoritatea experimentatorilor. Ideea emisă de Newton asupra existenței a două moduri de propagare diferite — prin emisie pentru lumină și prin vibrație pentru căldura radiantă — complica și mai mult această situație. Cu toate acestea, spre sfîrșitul secolului al XVIII-lea, observațiile făcute de savanți ca Buffon, Scheele, Lambert, de Saussure sau Pictet duc la constatarea, din ce în ce mai puțin îndoielnică, că există o identitate între natura luminii și cea a căldurii radiante. Acest fapt, care fusese deja intuit în 1791 de P. Prévost, care definise importanta noțiune de echilibru mobil, și de J. Hutton (1794), este în cele din urmă verificat în primii ani ai secolului al XIX-lea. El va constitui mai apoi un argument cu greutate în sprijinul teoriei mecaniciste, al cărei triumf— datorat elaborării legilor fundamentale ale termodinamicii și unei înțelegeri mai clare a caracterului universal al noțiunii de energie — va fi trecut în revistă în volumul următor.

Dar, în afară de aceste discuții pasionate asupra „naturii focului", cea de a doua jumătate a secolului al XVIII-lea a mai cunoscut un imens pas înainte în studiul fenomenelor calorice grație clarificării noțiunii de cantitate de căldură și a noțiunilor derivate: căldură latentă, căldură specifică etc., care permit crearea bazelor calorimetriei.

NOȚIUNEA DE CANTITATE DE CĂLDURĂ ȘI ÎNCEPUTURILE CALORIMETRIEI: JOSEPH BLACK, LAVOISIER, LAPLACE. Noțiunea de cantitate de căldură nu putea fi concepută și definită înainte ca cea de temperatură să fi fost clar stabilită. În această lumină trebuie privită încercarea lui G. Marliani, spre sfîrșitul secolului al XV-lea de a defini o „putere actuală a căldurii" ca produsul dintre gradul de căldură a corpului, volumul și densitatea sa. Fizicienii de la Accademia del Cimento fac primul pas pentru stabilirea noțiunii de căldură specifică, prin constatarea că mase egale din diferite lichide, încălzite în prealabil la aceeași temperatură și apoi așezate pe gheață, topesc cantități diferite de gheață. Fahrenheit și Boerhaave fac și ei constatări similare, însă fizicianul și chimistul scoțian Joseph Black (1728—1799), de la Universitatea din Glasgow, este cel care, pe la 1760, precizează clar noțiunea de „capacitate pentru căldură" și dă o metodă precisă pentru determinarea acesteia (termenul de „căldură specifică" a fost introdus de Magellan în anul 1780).

Noțiunea de căldură latentă pentru schimbările de fază este de asemenea clarificată de Black, care arată că lichefierea unei anumite mase de gheață fără ridicarea temperaturii necesită intervenția unei importante surse de căldură din exterior. Partizan al teoriei materialității focului, Black admite că acest fluid imponderabil, atunci cînd acționează asupra unui corp, poate să-i modifice fie temperatura, fie starea fizică; astfel, conform acestui punct de vedere, apa ar rezulta dintr-o combinație a materiei focului cu gheața. Compa-

rînd diferitele efecte ale acestei materii a focului, în numai cîțiva ani, între 1757 și 1762, el conceptualizează noțiunile moderne de cantitate de căldură, de căldură masică (căldură specifică) și de căldură latentă de schimbare de stare (trecerea din starea lichidă la cea solidă sau gazoasă și modificările inverse) și fondează calorimetria, efectuînd prin metoda amestecurilor primele determinări ale acestor mărimi (pentru apă în ceea ce privește căldurile latente). După ce în 1764 Black reia cu mai mare precizie și cu ajutorul elevului său Irvine determinarea căldurii latente de vaporizare a apei, James Watt repetă această determinare în cadrul cercetărilor sale asupra mașinii cu abur. Această cooperare duce, în numai cîțiva ani, la definirea clară a noțiunii de cantitate de căldură, care este aplicabilă multor fenomene fizice și perfecționării mașinii cu abur.

Metoda amestecurilor, folosită de Black în experiențele sale calorimetrice, se bazează pe o relație elementară care dă temperatura de echilibru θ a unui sistem de corpuri cu capacitățile calorice C_1, C_2,...,C_n și temperaturile inițiale t_1, t_2,...,t_n:

$$\theta = \frac{C_1t_1 + C_2t_2 + \ldots + C_nt_n}{C_1 + C_2 + \ldots + C_n}.$$

Această relație, intuită vag de J.B. Morin (*Astrologia gallica*, 1661) din cauza unor noțiuni nu prea clar definite, este abordată din ce în ce mai precis în lucrările realizate la Petersburg de G.W. Krafft (1744) și W. Richmann (1747), în Suedia de J.C. Wilcke (1772) — care, ca rival al lui Black, realizează măsurători ale căldurii la schimbările de stare și ale căldurii specifice — și, în sfîrșit, în Finlanda de J. Gadolin. Majoritatea acestor lucrări par să fi fost efectuate independent de cele ale lui Black și publicarea rezultatelor lor — în special celor ale lui Wilcke — a înlocuit într-o anumită măsură răspîndirea insuficientă a lucrărilor mult mai extinse și mai profunde ale fizicianului scoțian.

În adevăr, lucrările lui Black, deși și-au găsit o aplicație aproape imediată într-una dintre cele mai remarcabile invenții ale lui Watt, condensatorul separat, nu s-au bucurat de o difuzare după merit. Mult timp ele nu au fost cunoscute decît indirect din lecțiile și conferințele ținute de autor la Glasgow sau Edinburgh, sau din mențiuni mai mult sau mai puțin vagi ale altor fizicieni; lucrările lui Black au fost publicate abia după moartea lui, în 1803, de către J. Robison, sub titlul *Lectures on the Elements of Chemistry*, lucrare care conține esența aportului său la studiul fenomenelor termice.

Este foarte greu de apreciat măsura în care ideile noi și rezultatele lui Black erau cunoscute de savanții francezi în 1782 — an în cursul căruia Laplace și Lavoisier abordează celebra lor serie de măsurători calorimetrice efectuate cu ajutorul unui calorimetru cu gheață admirabil conceput. Deși raportul conținînd rezultatele acestor experiențe, celebrul *Mémoire sur la chaleur*, publicat în 1784, trădează un dezacord fundamental în ceea ce privește natura căldurii — Laplace adoptînd ipoteza mecanicistă, iar Lavoisier pe cea a caloricului — cei doi savanți, grație unei colaborări foarte strînse, realizează

un program de măsurători remarcabil. Acesta cuprinde, în adevăr, toate aspectele principale ale acţiunii calorice: căldurile specifice ale solidelor, lichidelor şi gazelor, căldurile de schimbare de stare, ca şi căldurile de dizolvare sau de reacţie, căldura degajată la respiraţie etc. În acest fel, ei nu numai că au continuat opera lui Black, precizînd diferitele noţiuni introduse de acesta, perfecţionînd tehnicile calorimetriei, dar au pus, de asemenea, bazele termochimiei şi au descoperit originea căldurii animale. Cercetările întreprinse de ei asupra acestui din urmă punct, ca şi cele de mai tîrziu ale lui Lavoisier împreună cu discipolul său Seguin asupra respiraţiei şi transpiraţiei, constituie o etapă importantă în dezvoltarea metodelor cantitative în fiziologia animală[6]. După lucrările lui Black, Laplace şi Lavoisier, se poate spune că bazele calorimetriei moderne au fost puse; ele vor oferi fizicienilor secolului următor tehnicile experimentale indispensabile fondării termodinamicii.

CONDUCTIVITATEA TERMICĂ. Tot spre sfîrşitul secolului al XVIII-lea începe să se precizeze un alt fenomen, cel al transferului de căldură de la un corp la altul, graţie primelor experienţe care permit caracterizarea conductivităţii termice. Deşi distincţia dintre corpuri bune conducătoare, ca metalele, şi corpuri rău conducătoare, ca lemnul, era cunoscută de foarte multă vreme, abia în 1789 se realizează un dispozitiv experimental foarte simplu — reluat cîţiva ani mai tîrziu de Rumford — pentru compararea conductivităţii termice a diferitelor solide (fizicianul olandez Ingenhousz).

În jurul unei cuve metalice erau fixate bare de aceleaşi dimensiuni, acoperite cu un strat subţire dintr-o substanţă care se poate topi uşor ca ceara. Dacă într-una dintre cuve se turna apă caldă, topirea cerii de pe diferite bare se propagă inegal şi conductivitatea calorică a fiecărei bare poate fi caracterizată prin lungimea stratului de ceară topită în condiţii determinate.

Studiul teoretic al problemei conductivităţii termice va fi abordat cu succes în primii ani ai secolului al XIX-lea de către Fourier şi va marca unul dintre primele succese ale fizicii matematice.

ÎNCEPUTURILE MAŞINII CU ABUR. Deşi evoluţia tehnicii este în afara acestui studiu, trebuie să menţionăm că maşina cu abur a fost inventată la sfîrşitul secolului al XVII-lea şi a cunoscut primele aplicaţii şi primele perfecţionări în cursul secolului al XVIII-lea. Etapele succesive ale acestui pasionant capitol al istoriei tehnicii fiind descrise şi analizate în volumele II şi III ale *Istoriei generale a tehnicii*, ne vom limita aici la cîteva remarci foarte sumare.

Aplicată de Heron la anumite aparate curioase, forţa de expansiune a vaporilor de apă intervine, de asemenea, în anumite proiecte pur teoretice elaborate la începutul secolului al XVII-lea, îndeosebi ale lui G.B. della Porta, Salomon de Caus şi G. Branca, precum şi anumite încercări mai eficiente, conduse de marchizul de Worcester prin 1640. Descoperirea presiunii atmosferice şi pro-

[6] Pentru acest subiect, a se consulta studiul lui G. CANGUILHEM, pp. 624—626

bele mașinii pentru pulbere, întreprinse de Huygens, preced lucrările lui Denis Papin care, după ce inventase digestorul — celebra marmită (1681) precursoarea autoclavelor moderne — realizează, hărțuit de greutăți de tot felul, mai multe modele succesive de mașini motrice care utilizau vaporii de apă (1687—1707). Dar pe plan practic, Papin a fost învins de englezul Thomas Savery, care în 1698 a obținut brevetul unei mașini numite „atmosferice", funcționînd prin efectul combinat al vaporilor de apă și al presiunii atmosferice. Mașina lui Savery a fost repede depășită de cea a lui Newcomen, bazată pe folosirea sistemului cilindru-piston și a cărei utilizare s-a răspîndit considerabil în cursul secolului al XVIII-lea. Perfecționări ulterioare foarte importante au fost aduse de James Watt — pe care l-am menționat deja în legătură cu condensatorul separat; acesta pare a fi primul exemplu, din domeniul căldurii, al legăturilor dintre cercetarea pură și cea aplicativă, legături care se vor dovedi atît de fecunde în secolul al XIX-lea.

De altfel, așa cum vom vedea în volumul următor, de-abia în cursul secolului al XIX-lea descoperirea legilor termodinamicii va permite înțelegerea adevăratelor principii ale funcționării mașinilor termice.

Lentul efort experimental și epistemologic întreprins de fizicienii din secolele al XVII-lea și al XVIII-lea a condus astfel, în cursul acestei perioade, știința căldurii din stadiul calitativ moștenit de la antichitate la cel al unei științe cantitative, pregătită să întreprindă o adevărată revoluție pe plan teoretic și, în același timp, să intre într-un contact strîns și fecund cu știința aplicată.

CAPITOLUL IV
Electricitatea şi magnetismul în secolul al XVIII-lea

În cursul secolului al XVII-lea s-a înfăptuit o revoluţie ştiinţifică. La începutul secolului următor ea este aproape desăvîrşită. În fizică, Galilei, Pascal, Descartes — cînd a folosit matematica —, Huygens şi mai cu seamă Newton au dezvoltat metode de investigaţie şi de raţionament pe care aveau să se întemeieze ştiinţele moderne.

Scrisoarea lui Newton asupra „noii teorii a luminii şi a culorilor", model de analiză experimentală şi de inducţie teoretică, datează din anul 1672 (lucrarea sa *Opticks* a fost scrisă în anul 1704); prima ediţie a *Principiilor*, model de sinteză fizico-matematică, a apărut în anul 1687. Pe de altă parte, în electricitate, Otto von Guericke a descoperit, către anul 1660, maşina electrostatică, una dintre acele invenţii tehnice (una dintre primele) care multiplică instantaneu mijloacele de acţiune ale cercetărilor asupra naturii. El a descris-o în anul 1672, o dată cu noile experienţe realizate cu ajutorul acestei invenţii.

Cu toate acestea, timp de aproape 50 de ani progresele cunoaşterii în domeniul magnetismului şi al electricităţii vor rămîne încă foarte lente, şi numai către sfîrşitul secolului al XVIII-lea, măsurători cantitative precise vor determina, în cele din urmă, includerea electricităţii şi magnetismului în cadrul ştiinţei newtoniene.

Cauzele au fost multiple; mai întîi, reproductibilitatea capricioasă a experienţelor electrostatice şi complexitatea interacţiunilor între magneţi, care au fiecare cîte doi poli.

Mai tîrziu, în mîndria lor de a fi renunţat la teoriile animiste, în nerăbdarea lor de a găsi o explicaţie fenomenelor, fizicienii acestei epoci s-au încurcat în imagini mecaniciste prea precise şi totodată prea vagi, mişcări ale unor fluide subtile, atmosfere, vîrtejuri care mai mult voalau faptele reale decît le interpretau. Iată ce spunea Hooke încă înainte de anul 1703:

„Ei preferă aceasta (să-şi construiască vreo concepţie frumoasă sau ceva imaginar) efortului de a cerceta mai în profunzime prin experienţe şi tatonări şi prin raţionamente precise, şi se mulţumesc cu ceva care să-i distreze."

În sfîrşit, experienţele lui Guericke, şi chiar maşina sa electrostatică, par să fi rămas necunoscute sau uitate. A fost necesar ca aceste descoperiri să fie refăcute una cîte una, patruzeci de ani mai tîrziu. Singurii electricieni ai primei jumătăţi a secolului al XVIII-lea, ale căror lucrări se citesc încă şi astăzi cu plăcere şi folos, sînt Charles-François de Cisternay Dufay şi Benjamin Franklin. Fenomenele pe care aceştia le observă sînt descrise cu precizie, principiile care rezultă din ele sînt enunţate cu toată sobrietatea şi claritatea, rolul imaginilor mecaniciste este redus la minimum.

FRANCIS HAUKSBEE. În 1675, abatele Picard, astronom din Paris, a făcut o observaţie curioasă: transportînd un barometru în timpul nopţii, el a văzut, la fiecare mişcare violentă a mercurului, o lumină albăstruie iluminînd tubul. Pentru a explica acest fenomen, timp de treizeci de ani fizicienii s-au mulţumit să-şi imagineze ipoteze confuze, în general de ordin chimic.

Francis Hauksbee a fost elevul lui Boyle, care îl iniţiase în tehnica vidului (două dintre perfecţionările importante ale pompei lui Guericke sînt datorate una lui Boyle şi cealaltă, pompa cu dublu corp, discipolului său). Formaţia lui Hauksbee, aptitudinile sale de inventator, talentul lui de experimentator făceau din el cercetătorul cel mai potrivit pentru a se ocupa de „lumina barometrică". Din 1705 pînă în 1709 el a întreprins un studiu sistematic şi astăzi se poate spune, deşi el însuşi nu şi-a dat seama de aceasta, că lucrările lui au fost primele cercetări asupra descărcărilor electrice în gaze rarefiate.

Hauksbee a demonstrat că acest fenomen se datora frecării, de exemplu frecării mercurului de sticlă. Pentru a-şi extinde demonstraţia şi la alte materiale, el a construit un aparat destul de complex în care se învîrtea, în vid parţial, o roată conţinînd bucăţi de chihlimbar care se frecau de lînă. Apoi el a făcut să se învîrtească un tub de sticlă, în care făcuse vid, şi pe care-l freca cu mîna. Unii istorici pretind că el a reinventat astfel maşina electrostatică a lui Guericke. Aceasta este posibil, dar prioritatea rămîne, fără îndoială, acestuia din urmă.

Cu ajutorul acestui aparat, el a refăcut observaţii cunoscute dar uitate, a descris — după Cabeo şi Guericke — respingerile electrice, observă licăriri „induse", într-un glob vidat de care apropia alt glob pe care-l freca. Aceasta ar fi fost descoperirea „inducţiei electrostatice", dacă Hauksbee ar fi înţeles bine legătura dintre cauză şi efect, între electricitate şi aceste licăriri, dacă o imagine preconcepută a efluviilor ieşind din primul glob pentru a se freca de cel de al doilea nu i-ar fi mascat faptele reale.

A. STEPHEN GRAY ŞI CHARLES-FRANÇOIS DUFAY

Douăzeci de ani mai tîrziu ritmul descoperirilor în electricitate s-a accelerat. Stephen Gray (1670?—1736) în Anglia şi mai cu seamă Charles-François Dufay (1698—1739) în Franţa vor deduce dintr-o serie de fapte noi, relevate printr-o experienţă mai atentă, cîteva principii generale care au permis să se

pună un pic de ordine în această ştiinţă încă confuză şi să i se întrevadă minunatele perspective de viitor.

DESCOPERIREA CONDUCŢIEI ELECTRICITĂŢII. Punctul de plecare al cercetărilor lui Gray asupra conducţiei electricităţii la distanţă este o observaţie întîmplătoare (făcută în februarie 1729). Aceasta fusese făcută încă de Guericke cu 55 de ani mai înainte cu mijloace mai puternice, dar fusese cu totul uitată, în parte pentru că autorul ei se mulţumise numai să o semnaleze, fără să tragă nici un fel de concluzie de pe urma ei.

„Frecînd un tub mare de sticlă, închis cu două dopuri de plută, şi „ţinînd un fulg către partea sa superioară, am văzut că acesta se îndreaptă către dop, atras şi apoi respins de acesta ca şi de tubul însuşi. Am fost foarte surprins şi am tras concluzia că există, desigur, o virtute atractivă comunicată dopului de tubul excitat".

Acelaşi rezultat l-a dat aceeaşi experienţă făcută cu o bilă de fildeş, legată mai întîi de tije de brad de lungimi diferite fixate în dop, apoi de fire de metal sau de coarde dintre care, cele mai lungi, atîrnînd vertical, atingeau 34 de picioare sau circa 10 m.

În iunie 1729, după cîteva tentative nereuşite, el încearcă împreună cu prietenul său G. Wheler să transmită puterea de atracţie orizontal la distanţe mari. Wheler îi propune „să suspende coarda prin fire de mătase", gîndind „că acestea vor fi mai bune datorită fineţei lor". Experienţa a reuşit pînă la o distanţă de 293 de picioare. Apoi, aceste fire rupîndu-se, cei doi fizicieni le-au înlocuit prin fire fine de alamă: transmisia „virtuţii electrice" nu mai are loc. Ei înţeleg astfel că „succesul nu ţine de fineţea firelor de suspensie, ci se datoreşte faptului că ele erau de mătase..."

Acest efect explica eşecurile anterioare:

„Cînd linia care transporta virtutea electrică era susţinută de coarde (sau de fire metalice), atunci cînd fluxul electric ajungea la firele de suspensie, acesta trecea prin aceste fire la grinzi şi astfel nu mergea mai departe pe linia care trebuia să-l conducă pînă la bila de fildeş".

Deşi nu s-a folosit de termenii de conductor şi de izolant, Gray descoperise totuşi *conducţia electricităţii* şi faptul că unele corpuri nu aveau această proprietate. Dar el nu insista pe ideea unui fluid electric, pe care îl schiţează sub numele de efluviu: el foloseşte, fără să facă vreo deosebire, cuvintele virtute electrică, electricitate, flux electric. El nu face teorie; pentru el, esenţialul este să-şi descrie observaţiile în limbajul curent. Trebuie să menţionăm că el nici nu se gîndeşte să găsească şi alt suport izolant decît mătasea.

ELECTRIZAREA PRIN INFLUENŢĂ. O altă descoperire importantă a lui Gray este aceea a *sarcinilor induse sau electrizarea prin influenţă*.

O masă de plumb fiind suspendată de tavan cu o sfoară, „cînd o vergea de sticlă frecată era apropiată de capătul de jos al liniei (dar fără să o atingă), masa de plumb

atrăgea, apoi respingea pilitura de alamă. Astfel, virtutea electrică poate fi transportată, *fără contact*, de la vergea la linia de comunicaţie".

Cîţiva ani mai tîrziu, Dufay a dezvoltat aceste experienţe. El şi-a publicat rezultatele în anul 1733. Acest memoriu şi următoarele sînt remarcabile atît prin claritatea vederilor, cît şi pentru că autorul lor este primul care a citat lucrările predecesorilor săi, mai cu seamă ale lui Otto von Guericke, pe care l-a scos de sub pecetea uitării.

După ce a verificat că „nu toate corpurile pot deveni electrice prin ele însele" (prin frecare), el demonstrează că „corpurile dobîndesc toate o virtute (electrică) considerabilă prin apropierea tubului (sticla frecată) — şi lemnul, şi metalele, şi lichidele", — cu condiţia de a fi izolate în prealabil, prin plasarea „pe o măsuţă de sticlă sau de ceară de Spania".

Cu toate că Dufay este înainte de orice, ca şi Gray, un experimentator, cu toate că el evită, în general, speculaţiile teoretice şi defineşte electricitatea simplu ca „o proprietate care constă în a atrage corpurile uşoare", el încearcă, mai mult decît predecesorul său, să extragă din observaţiile sale principii generale.

Dufay şi-a încheiat al treilea memoriu, în 1733, scriind: „Să ne mulţumim deocamdată că am recunoscut şi stabilit ca principiu că corpurile cele mai puţin proprii de a deveni electrice prin ele însele sînt cele care sînt cel mai uşor atrase şi care transmit cel mai departe şi cel mai abundent materia electricităţii, pe cîtă vreme cele care au cea mai mare aptitudine de a deveni electrice prin ele însele sînt cele mai puţin proprii de a accepta o electricitate străină şi de a o transmite la o distanţă considerabilă".

Este pentru prima oară că distincţia făcută de Gilbert între „electrice per se" şi „non electrice" este legată de o ordine de conductivităţi crescînde. Mai trebuie să notăm expresia: „transmit... materia electrică", imagine sugerată, ca şi la Gray, de experienţa însăşi.

DESCOPERIREA CELOR DOUĂ ELECTRICITĂŢI. Istoria descoperirii făcută de Dufay a *celor două electricităţi* este foarte interesantă. Cu spiritul său logic, din discutarea tuturor experienţelor cunoscute el a dedus o ipoteză de lucru:

„Mi-am imaginat că corpul electric atrage, poate, pe toate cele care nu sînt electrice şi le respinge pe cele care au devenit electrice datorită apropierii şi comunicării virtuţii sale".

Dar atunci, „ceea ce m-a surprins mult a fost experienţa următoare: reuşind să ridic în aer o foaie de aur, cu ajutorul vergelei (de sticlă electrizată care o respingea dupa atracţie şi o făcea să plutească în aer), am apropiat o bucată de răşină frecată şi devenită electrizată; foaia s-a lipit de ea imediat... Recunosc că mă aşteptam la un cu totul alt rezultat, pentru că, după raţionamentul meu, răşina, care era electrizată, trebuia să respingă foaia care, şi ea, era electrizată". Am avut acelaşi rezultat cu chihlimbarul şi cu ceara de Spania.

Dar după aceasta, „de foaia respinsă de vergea am apropiat o bilă de cristal de rocă frecată şi devenită electrizată: ea e respins foaia la fel ca şi vergeaua... În sfîrşit, nu

mă mai puteam îndoi că sticla şi cristalul de rocă făceau tocmai contrariul răşinii, chihlimbarului şi cerii de Spania, în aşa fel încît foaia respinsă de unele din cauza electricităţii pe care o avea era atrasă de celelalte; aceasta m-a făcut să cred că există poate două feluri de electricitate diferite"...

După multe experienţe de control, Dufay a conchis:

„Iată deci în mod constant două electricităţi de natură foarte diferită, şi anume aceea a corpurilor transparente şi solide ca sticla, cristalul etc., şi aceea a corpurilor bituminoase sau răşinoase, ca chihlimbarul, răşina, ceara de Spania etc. Şi unele şi celelalte resping corpurile care au căpătat o electricitate de aceeaşi natură ca a lor şi, dimpotrivă, atrag pe acelea a căror electricitate este de o natură diferită de a lor... Corpurile care nu sînt actualmente electrizate pot să dobîndească (dacă sînt izolate) fiecare din aceste două electricităţi şi atunci efectele lor sînt identice cu cele ale corpurilor care le-au comunicat-o... Iată deci două electricităţi bine demonstrate... Voi numi pe una dintre ele electricitate răşinoasă şi pe cealaltă electricitate vitroasă."

După ce a respins ca improbabilă existenţa unui al treilea fel de electricitate, Dufay a încheiat acest (al patrulea) memoriu astfel:

„La ce nu ne putem aştepta de la un cîmp atît de vast care se deschide fizicii, şi cîte experienţe ciudate nu ne poate dărui, care ne vor descoperi poate noi proprietăţi ale materiei?" (*Hist. Ac. Roy. des Sciences*, 1733).

Citatele care preced arată cu cîtă rigoare aplică Dufay metoda ştiinţifică: el îşi descrie observaţiile şi extrage din ele „principii". El nu vorbeşte decît în treacăt, şi fără să acorde importanţă, despre materia electrică şi transportul ei. „Teoria a *două fluide electrice*" era la îndemîna sa şi trebuia curînd să decurgă cu totul firesc din cercetările sale. El nu o enunţă explicit niciodată.

De aceea sîntem puţin surprinşi că un fizician atît de conştient de valoarea metodei experimentale dezvoltă sub influenţa lui Descartes — incidental, e adevărat — o teorie a vîrtejurilor privind atracţiile şi respingerile electrice şi mai tîrziu magnetismul.

Noţiunile de sarcină şi de cîmp nu erau încă cu totul distincte: Franklin va preciza pe cea de sarcină, dar cîmpul îl va atribui încă unei „atmosfere". Crearea unei teorii newtoniene coerente a electricităţii şi magnetismului va trebui să aştepte pe Cavendish şi Coulomb.

CERCETĂRILE ULTERIOARE. Cu toate acestea, într-o lucrare publicată în anul 1731, Dufay arată cum a construit două magnetometre destinate măsurării forţelor magnetice, unul cu balanţă, celălalt cu resort spiral. Rezultatele obţinute erau confuze; ele au fost precizate în două memorii din anul 1737.

Dufay semnalează aici că „un fir îndoit în formă de agrafă serveşte pentru a determina dacă puterea electricităţii este mai mare sau mai puţin mare... Se va vedea că cele două capete care atîrnă liber... se depărtează unul de celălalt cu mai multă sau mai puţină putere şi formează un unghi mai mare sau mai puţin mare... Şi aceasta ne va face să cunoaştem într-un chip destul de exact, gradul de putere al electricităţii".

Constituind o perfecţionare a *versorium*-ului lui Gilbert, acesta este strămoşul electrometrelor cu bobiţe de soc, cu foiţe de aur şi cu fire[1].

Din 1734 pînă la moartea lui Gray, în 1736, cei doi fizicieni, unul englez şi celălalt francez, şi-au scris numeroase scrisori. Amîndoi se ocupau de scînteia electrică.

Gray a notat cu această ocazie că „dacă un vîrf de metal este apropiat de un obiect electrizat, acesta îşi pierde electricitatea încet şi în tăcere, în timp ce cu o vergea groasă descărcarea se face brusc, prin scînteie". El adaugă: „Într-o zi se va găsi poate un mijloc de a aduna cantităţi mai mari din acest foc electric care, după multe experienţe *(si licet magnis componere parva)*, pare să fie de aceeaşi natură ca şi tunetul şi fulgerul".

DISCIPOLII. Desaguliers, în Anglia, a continuat opera lui Gray. Lucrările sale (1739—1744) au adus puţine fapte noi. El a introdus termenul de *conductor*. Excelenta sa lucrare *Cours de philosophie expérimentale* a avut succes, exercitînd o mare influenţă asupra lui Franklin.

În Franţa, abatele Nollet, discipolul lui Dufay, a fost înainte de toate un specialist în demonstrarea experienţelor şi un propagandist al ştiinţei. „Teoria despre afluenţele şi efluenţele simultane", pe care a publicat-o în anul 1746 şi care a fost opusă cîtva timp ideilor lui Franklin, este una dintre acele teorii de şcoală carteziană care „nu ne învaţă să deslusim nimic şi cu atît mai puţin să prevedem ceva" (J. Barbeu Dubourg, 1773).

B. MAŞINILE ELECTRICE ŞI BUTELIA DE LEYDA

Perfecţionări tehnice şi o observaţie întîmplătoare vor provoca în cîţiva ani, începînd din 1745, un mare număr de descoperiri importante.

PERFECŢIONAREA MAŞINILOR ELECTRICE. Gray a experimentat, folosind o vergea de sticlă frecată, Dufay folosind bastoane din diferite materiale. Maşina electrică a lui Guericke şi Hauksbee, destul de rudimentară, nu era de loc folosită.

Între 1743 şi 1745, această maşină a fost făcută mai comodă şi mai puternică, mai cu seamă în Germania (G.M.Bose, A. Gordon, J. Winkler etc.). Cu ajutorul unei roţi mari de lemn şi a unei transmisii cu cablu, se imprima o mişcare foarte rapidă de rotaţie unei sfere voluminoase sau unui tub de sticlă. La partea inferioară sfera era frecată de mîna unui operator ce stătea în picioare pe sol —

[1] Lui Dufay îi datorăm şi o mare decoperire în optica cristalelor: „toate pietrele transparente ale căror unghiuri sînt drepte prezintă refracţie simplă, cele ale căror unghiuri nu sînt drepte sînt birefringente şi birefringenţa lor depinde de înclinarea unghiurilor". Aceasta este relaţia fundamentală între anizotropie şi birefringenţă. — *N.A.*

mai tîrziu de o pernă de piele. Electricitatea astfel dezvoltată era culeasă de o bandă din fire fine de metal în contact cu sfera în partea superioară. Banda era legată de o țeavă de pușcă suspendată cu fire de mătase, țeava servind drept unic pol al mașinii.

Cu ajutorul acestei mașini, s-au putut face ușor experiențe scînteietoare și zgomotoase, care au fost repetate peste tot, în academii și în saloane. Electricitatea era la modă, rîndurile fizicienilor amatori creșteau.

DESCOPERIREA BUTELIEI DE LEYDA. Dar entuziasmul publicului a devenit și mai mare, după descoperirea buteliei de Leyda.

Gray și Dufay semnalaseră încă de mai înainte posibilitatea de electrizare a unei cantități de apă aflată pe un suport izolant, prin punerea în contact cu o vergea frecată. Pe de altă parte, pierderea lentă a electricității se atribuia, în mod curent, „evaporării materiei electrice". Era deci firesc să se încerce micșorarea acestei evaporări, închizînd apa într-o butelie.

Experiența a fost făcută independent de un amator, pastorul E. J. von Kleist (în luna octombrie 1745), și de Pieter van Musschenbroek, profesor de fizică la Leiden[2] (în ianuarie 1746), care, probabil, s-a folosit de ajutorul lui Cunaeus, unul dintre compatrioții săi.

Von Kleist a umplut o butelie cu apă, în care era cufundat un cui ce trecea prin dop. Ținînd butelia cu mîna, el a atins cuiul de o țeavă de pușcă care constituia polul mașinii sale electrice, apoi depărtîndu-l, l-a apropiat de un obiect neizolat: s-a produs o scînteie foarte puternică. Cînd acest obiect a fost în mîna cealaltă, el a simțit un șoc de o violență nemaiîntîlnită.

Cum toate aceste încercări se făceau cu butelia ținută în mînă, el a fost de părere că „și corpul omenesc trebuie să aibă un rol în asta".

Musschenbroek a refăcut independent aceleași experiențe, dar ele reușindu-i cu butelia pe masă, a stabilit că este vorba de un fenomen pur fizic. El i-a scris imediat lui Réaumur, care a comunicat scrisoarea Academiei de Științe. Nollet a comentat-o într-unul dintre memoriile sale:

„Această experiență surprinzătoare a dat strălucire electricității. Din acest moment ea devine subiectul general de conversație... Toți electricienii din Europa o repetă și-i studiază circumstanțele".

NOI DESCOPERIRI EXPERIMENTALE. Încă din 1746, Wilson a semnalat că „acumularea materiei electrice în butelie este totdeauna proporțională cu subțirimea sticlei și cu suprafața corpurilor neelectrice (conductori) în contact cu suprafețele interioară sau exterioară ale sticlei".

Tot în 1746, L.G. Le Monnier a avut ideea să reunească armăturile unui condensator printr-o vergea metalică lungă. El observă fenomenele electrice care însoțesc descărcarea, prima experiență făcută cu un *curent electric* (temporar). Le Monnier a încercat să-i măsoare viteza de propagare, dar n-a putut să demonstreze decît „că viteza materiei electrice, cînd trece printr-un fir de fier, este de cel puțin treizeci de ori mai mare decît aceea a sunetului". Această

[2] Denumirea veche, *Leyda*. — *N.R.*

concluzie a fost confirmată în Anglia prin experienţele mai ample ale lui Watson şi cele făcute de Royal Society.

Le Monnier stabileşte în plus (contrar afirmaţiilor lui Bose) că „electricitatea se comunică în corpuri de acelaşi gen mai degrabă potrivit raportului suprafeţelor decît raportului maselor acestora".

DIFERITELE TEORII. Diderot şi d'Alembert i-au încredinţat lui Le Monnier redactarea articolelor Magnet şi Electricitate din *Encyclopedie*.

Iată un fragment care ne ajută să înţelegem mai bine starea de spirit a epocii:

„Părerile fizicienilor în ce priveşte cauza electricităţii sînt împărţite: totuşi toţi sînt de acord asupra existenţei unei materii electrice mai mult sau mai puţin concentrate în jurul corpurilor electrizate şi care produce, prin mişcările sale, efectele de electricitate pe care le observăm, dar ei explică fiecare, în mod diferit, cauzele şi direcţiile acestor diverse mişcări... Deoarece nu se cunoaşte încă esenţa materiei electrice, este imposibil a o defini altfel decît prin principalele sale proprietăţi".

Se vede, astfel, că în 1745 se vorbea în mod curent şi ca de la sine înţeles despre o materie sau despre un fluid electric. Această noţiune s-a impus, cum s-ar spune, după ce s-a observat propagarea „virtuţii electrice" la distanţă şi acumularea sa în butelia de Leyda.

De altfel, încă de mult, fizicienii imaginaseră fluide subtile: eterul lui Newton şi Huygens, „materia de foc" a lui Boerhaave (1732), aceasta din urmă fiind, ca şi cealaltă, de structură atomică şi trebuind să fie „considerată aşa cum este creată, distinctă de toate celelalte corpuri create".

În adevăr, principiile descoperite de Dufay trebuiau să sugereze ipoteza a două fluide electrice şi pe la mijlocul secolului al XVIII-lea se părea că această ipoteză „a plutit în aer", deoarece Franklin a combătut-o. Dar Dufay însuşi a fost prea preocupat să se mărginească la descrierea pozitivă a faptelor şi în acelaşi timp, a fost prea obişnuit cu concepţiile mecaniciste ale cartezienilor, pentru a o enunţa vreodată mai categoric.

Pe de altă parte, experienţele electrice (şi magnetice), prea puţin variate şi doar calitative, lăsaseră spiritele să plutească în confuzie. Termenii de efluviu, virtute, materie, vîrtej, fluid, atmosferă erau folosiţi aproape fără nici o deosebire între ei. De fapt, cum o dovedeşte citatul din Le Monnier, noţiunile de sarcină şi de cîmp electric — pentru a vorbi în limbajul nostru modern — (ca şi acelea de magnet şi de cîmp magnetic) rămîneau încă foarte puţin precizate.

Un prim progres, capital, i se datoreşte lui Franklin, care a inventat termenul de sarcină electrică, făcînd să-i corespundă imagini precise; dar el a mai folosit şi termenul de atmosferă.

Din punct de vedere newtonian, ideile nu au devenit distincte şi clare decît după experienţele cantitative ale lui Coulomb. Încă mult după Ampère şi Faraday s-a mai discutat despre „realitatea" sarcinilor electrice şi a polilor magnetici. Problema nu a fost lămurită decît prin teoria lui Lorenz, prin descoperirea electronului şi aceea a protonului.

C. OPERA LUI BENJAMIN FRANKLIN

LUCRĂRILE LUI WATSON. Franklin a avut un precursor, pe W. Watson (1715—1787). Principalul merit al acestuia este de a fi arătat că „forţa electrică descrie totdeauna un circuit". El a observat mai întîi că scînteile electrice sînt foarte slăbite atunci cînd operatorul care le „scoate" din maşină se găseşte pe o platformă care îl izolează de sol. I-a venit atunci ideea că ar fi necesar un lanţ neîntrerupt de corpuri neelectrice pentru a conduce „focul electric" de pe sol la „ţeava de puşcă". Watson a demonstrat, în sfîrşit, principiul „circulaţiei complete a materiei electrice" prin experienţe foarte ingenioase, făcute cu un lanţ întreg de observatori izolaţi pe plăci de ceară şi ţinîndu-se de mînă.

„Am încercat, încheie el, să dovedesc prin experienţă că prin neelectricul cel mai apropiat se furnizează o cantitate de electricitate egală cu cea acumulată în corpurile excitate... Focul electric pierdut de un om este înlocuit, în mod instantaneu, de către sol".

Acest fragment ar părea să arate că Watson avea o idee mai mult sau mai puţin vagă despre noţiunea de cantitate de electricitate şi despre conservarea acesteia.

Dar, pe de altă parte, el s-a lansat într-o teorie mecanicistă complicată.

Această teorie este bazată pe ipoteza unui „eter electric, atmosferă care înconjură corpurile... electrizate şi se întinde la o distanţă considerabilă. Eterul electric, mult mai subtil decît aerul obişnuit..., traversează imediat metalele..., nu pătrunde decît pînă la o oarecare profunzime în răşini... El pune în mişcare corpurile uşoare... Elasticitatea sa se manifestă prin aceea că se răspîndeşte la o distanţă considerabilă... Curentul de eter electric antrenează toate corpurile uşoare pe care le întîlneşte".

Şi, în cele din urmă, pentru a explica respingerile ca şi atracţiile, el pare că se raliază la teoria efluenţelor şi afluenţelor a lui Nollet.

Era necesar ca o minte proaspătă, cu adevărat genială, ignorînd aproape toate teoriile la modă, să se ocupe de problema electricităţii, în toată prospeţimea şi libertatea de spirit şi numai prin experienţe, pentru ca toată această harababură mecanicistă şi metafizică, moştenită de la Lucreţiu, Descartes şi urmaşii lor, să fie definitiv înlăturată.

BENJAMIN FRANKLIN: CONSERVAREA ELECTRICITĂŢII, CORPURILE ELECTRIZATE POZITIV ŞI NEGATIV. Primele cercetări experimentale ale lui Benjamin Franklin (1706—1790) datează din 1747[3].

Prima sa descoperire este „minunatul efect al corpurilor ascuţite care pot să comunice focul electric celorlalte corpuri şi totodată să-l scoată din el" *(Ex-*

[3] Opera lui Franklin în electricitate se găseşte reluată, dintr-un alt punct de vedere, în studiul lui I.B. COHEN, *Ştiinţele în America de Nord britanică* (a se vedea mai departe, pp. 776—778). — *N.A.*

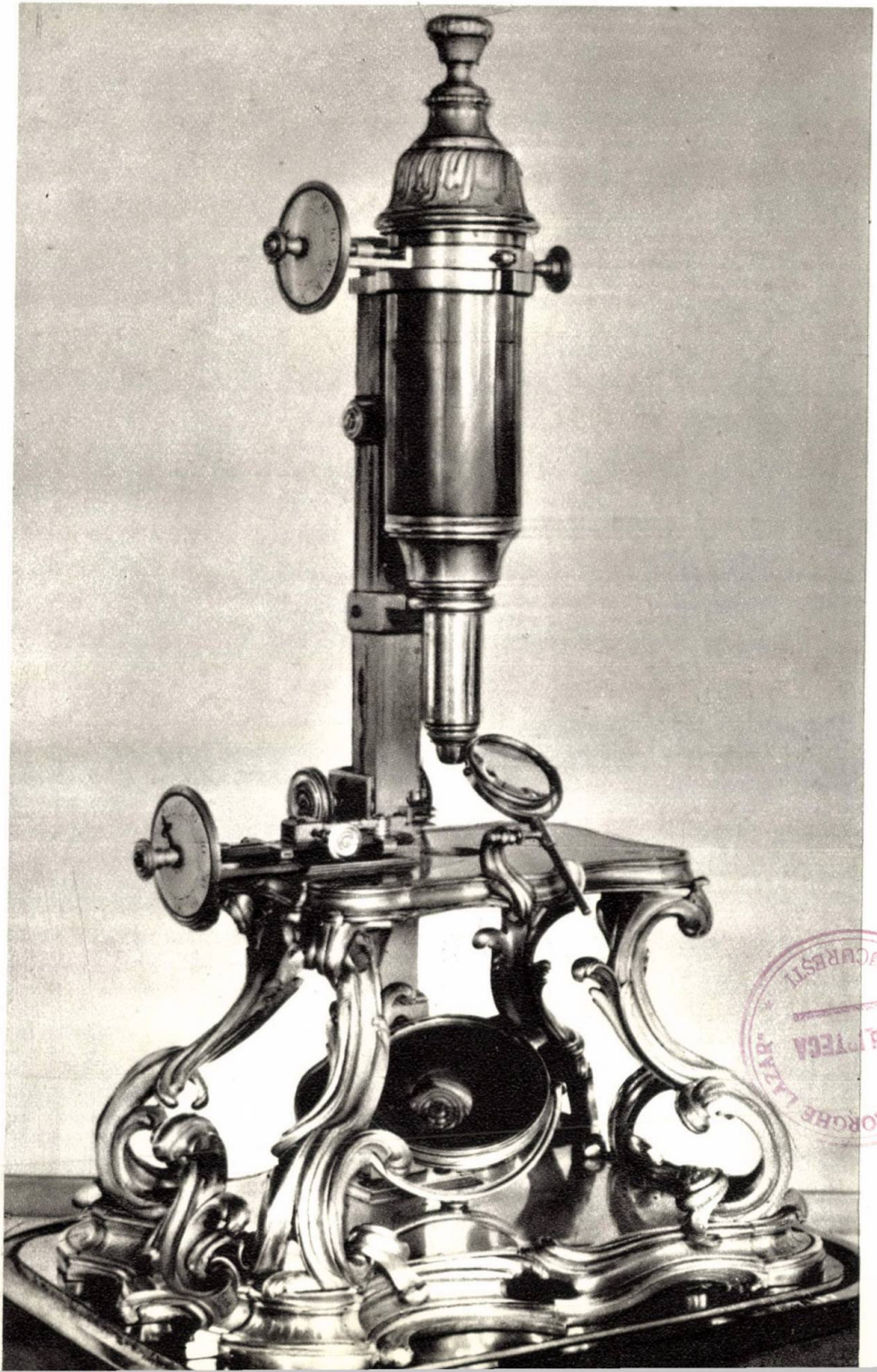
33. LEONHARD EULER.

BIBLIOTECA "GHEORGHE LAZĂR"

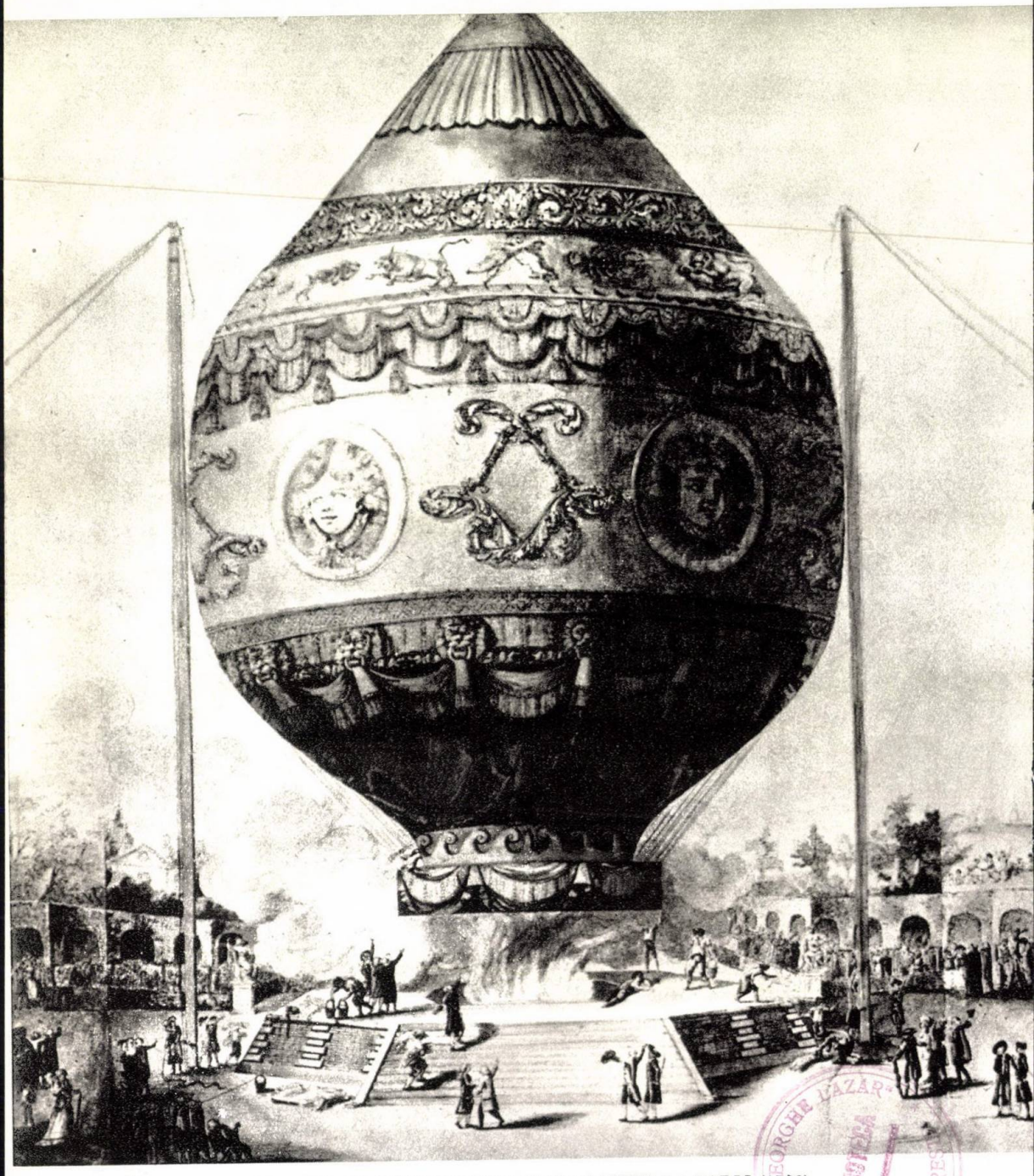
34. ECLIPSA TOTALĂ DE SOARE DIN 1724.

"GHEORGHE LAZĂR"

35 MICROSCOPUL DUCELUI DE CHAULNES.



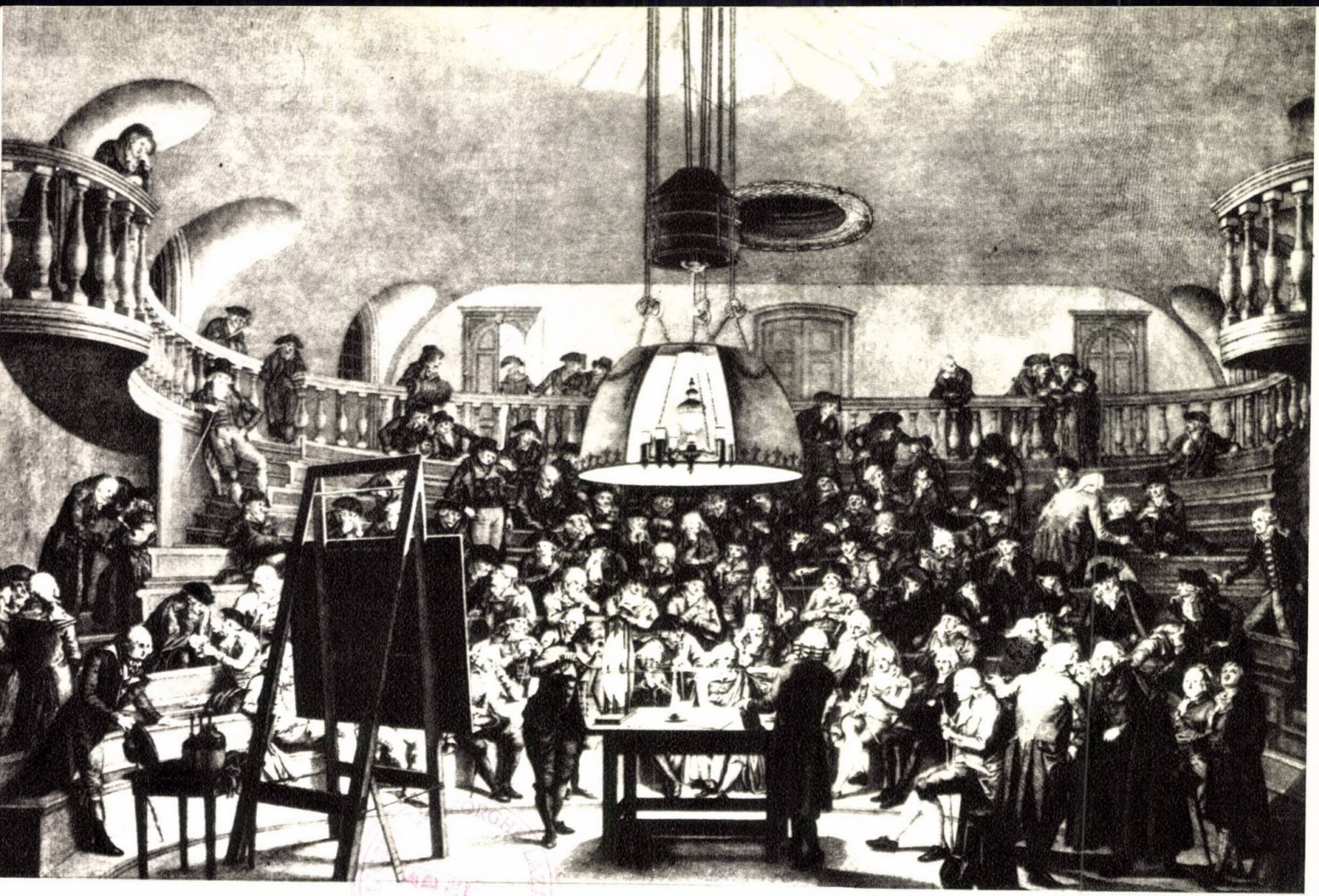
BIBLIOTECA LICEUL „GHEORGHE LAZĂR" BUCUREȘTI



36. ÎNCERCARE DE ASCENSIUNE CU UN BALON CAPTIV LA PARIS (1783).

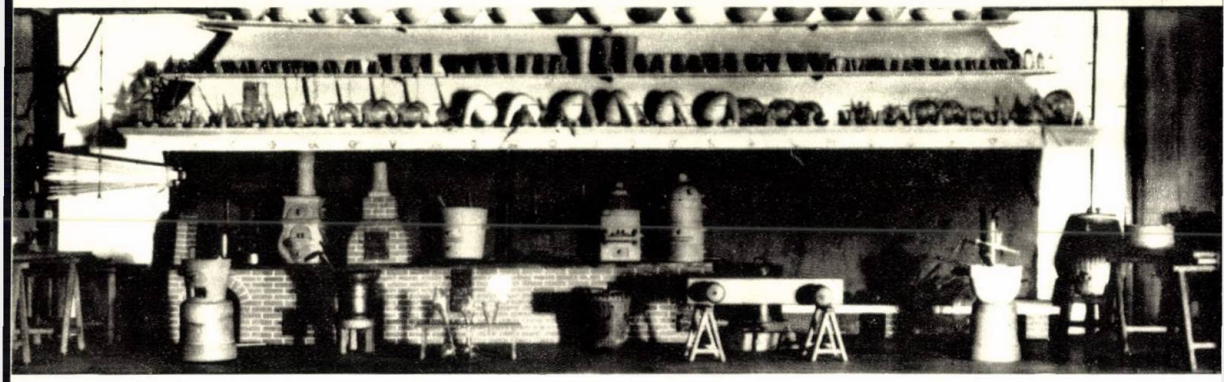
LICEUL GEORGHE LAZĂR BUCUREȘTI

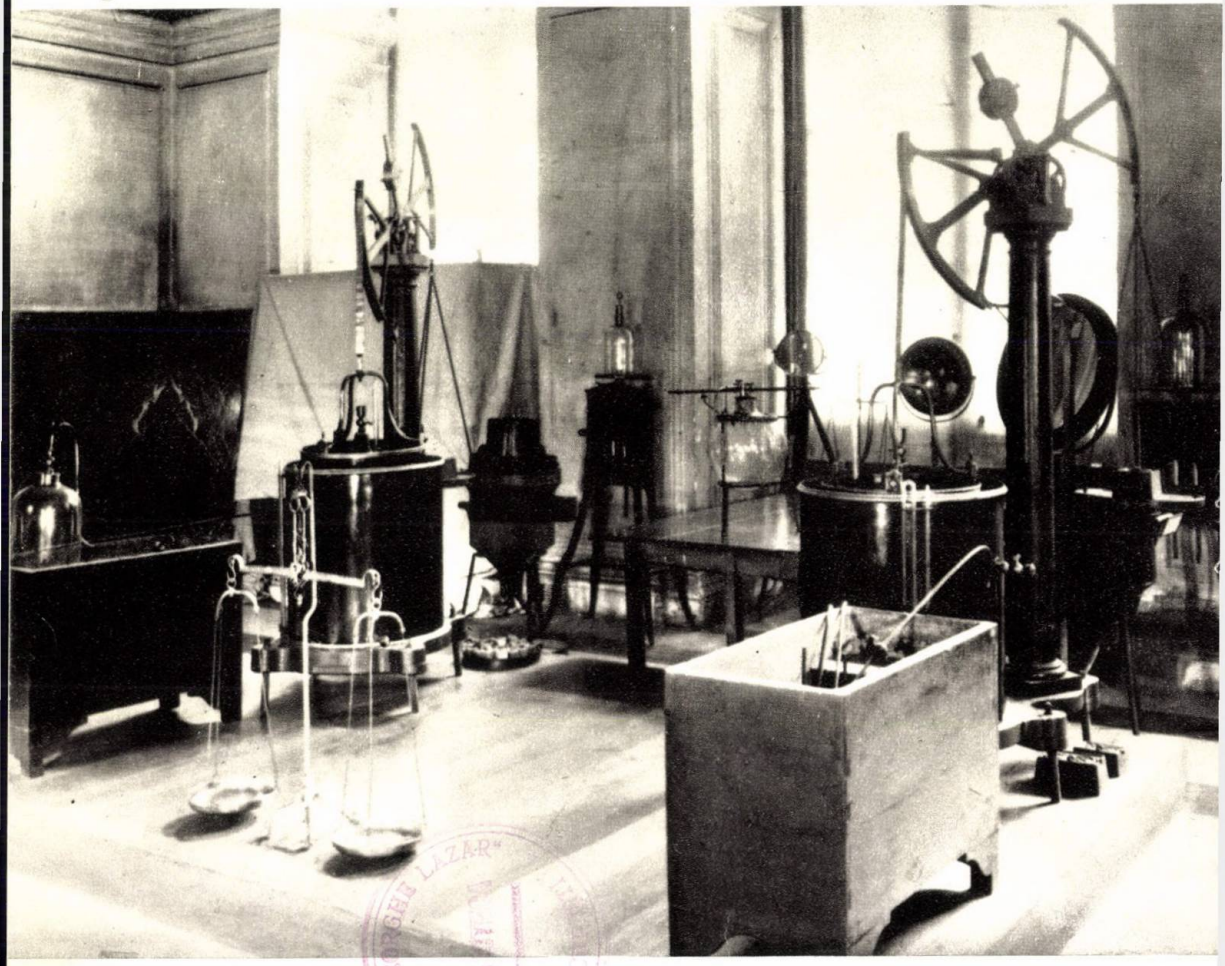
37. O EXPERIENȚĂ DE ELECTRICITATE ÎN SEC. XVIII.



38. UN CURS DE ELECTRICITATE EXPERIMENTALĂ LA AMSTERDAM, ÎN 1801.

39. LAVOISIER CU SOȚIA. PORTRET DE DAVID.





40. LABORATORUL DE CHIMIE AL D-NEI DE GENLIS(1) ŞI INSTRUMENTELE LUI LAVOISIER(2).

periments and Observations on Electricity, Londra, 1750. *Scrisori către Collinson*, Scrisoarea a II-a, 1747). Această observaţie fusese făcută încă de Guericke, şi apoi, într-o manieră mai precisă, de Gray. Franklin însă nu avea cunoştinţă de ea. Se ştie că această observaţie l-a condus mai tîrziu la inventarea paratrăsnetului. Dar, încă din această epocă, ea i-a sugerat — împreună cu alte experienţe — „părerea că focul electric nu este creat prin frecare, ci cules, că în realitate el este un element (o materie indestructibilă) difuzat în alte materii şi atras de ele, mai cu seamă de apă şi de metale" *(ibidem)*.

Franklin a verificat de îndată această idee, printr-o experienţă minunat de simplă şi destul de concludentă, deşi calitativă, ca de altfel toate experienţele de electricitate din acea epocă:

„1. Două persoane stînd în picioare pe postamente de ceară, una (A) frecînd tubul (de sticlă), cealaltă (B) trăgîndu-i focul, vor apare (dacă ele nu se ating) ca electrizate în raport cu o a treia (C), stînd pe sol, adică aceasta va scoate scîntei din ele dacă îşi apropie degetul.

2. Dar, dacă ele se ating în timp ce tubul este excitat, nici una dintre ele nu va apare ca electrizată.

3. Dacă ele se ating după excitarea tubului, între ele se va produce o scînteie mai puternică decît cele pe care le obţine persoana de pe sol.

4. După această scînteie, nici una, nici cealaltă nu va mai manifesta vreo urmă de electricitate" (*ibidem*, Scrisoarea a II-a).

Aceste fapte se explică imediat, dacă admitem că „B este electrizat pozitiv, A — negativ ; sau mai degrabă că B este electrizat *plus*, A — *minus*", adică B poartă mai multă electricitate decît partea sa normală, în timp ce A conţine mai puţină. „Astfel poate fi făcut să circule focul electric, cum a arătat W. Watson; el mai poate fi acumulat şi pe un corp oarecare sau poate fi sustras din el" *(ibidem)*. Franklin, care nu ştia aproape nimic de lucrările anterioare, îşi inventează propriul său vocabular, care va deveni clasic. El foloseşte totuşi expresia curentă de „foc electric"; focul era, în secolul al XVIII-lea, prototipul materiilor subtile.

De îndată ce îşi formulează aceste idei fundamentale, Franklin le aplică buteliei de Leyda:

„O dată cu electrizarea pozitivă, sau plus, a firului şi gîtului buteliei (a armăturii interioare) are loc electrizarea negativă, în proporţie exactă, a fundului buteliei (armătura exterioară), adică: oricare ar fi cantitatea de electricitate care se duce spre partea superioară, o cantitate egală iese pe fund...

Iată în ce mod admirabil se combină şi se echilibrează, în această minunată butelie, cele două stări de electricitate, cea plus şi cea minus " (*ibidem*, Scrisoarea a III-a, 1747)

Iată o experienţă, devenită clasică, care verifică direct aceste idei:

„Fixaţi un fir în plumbul care armează fundul buteliei (care formează armătura exterioară), îndoiţi-l în sus în aşa fel ca inelul său terminal să se găsească la nivelul firului ce trece prin dop şi la trei sau patru degete distanţă de acesta. Electrizaţi

sticla şi puneţi-o pe un suport de ceară. Dacă un dop suspendat de un fir de mătase este adus între aceste două fire, el va oscila fără întrerupere de la unul la altul, pînă cînd butelia nu va mai fi electrizată; aceasta înseamnă că el se va duce să caute focul electric de la armătura interioară, pentru a-l duce pe armătura exterioară, pînă la restabilitatea echilibrului".

Astfel se precizează, puţin cîte puţin, teoria „fluidului unic", pe care Franklin o formulează complet în 1750, sub titlul „Păreri şi presupuneri privind proprietăţile şi efectele materiei electrice":

„1. Materia electrică constă din particule extrem de subtile, deoarece ea poate pătrunde prin materia obişnuită, chiar prin metalele cele mai dense, cu atîta uşurinţă şi libertate încît nu suferă nici o rezistenţă perceptibilă..."

„3. Ceea ce deosebeşte materia electrică de materia obişnuită este că particulele acestea din urmă se atrag reciproc, pe cînd celelalte se resping..."

„4. Dar, deşi particulele materiei electrice se resping, ele sînt puternic atrase de orice altă materie..."

„6. Astfel, materia obişnuită este un fel de burete absorbant pentru fluidul electric. Un burete n-ar putea absoarbe apă dacă particulele de apă nu ar fi mai mici decît porii buretelui, şi nu ar face-o decît cu încetul, dacă n-ar exista o atracţie reciprocă între aceste particule şi cele ale buretelui. Absorbţia s-ar face şi mai repede, dacă între aceste particule de apă în locul atracţiei ar exista o repulsie reciprocă, care ar acţiona în acelaşi sens cu atracţia buretelui. Este tocmai ceea ce se întîmplă între materia electrică şi materia obişnuită.

„7. Însă materia conţine, în general, atîta materie electrică pe cît de mult se poate. Dacă se adaugă mai multă, aceasta se adună la suprafaţă şi formează ceea ce noi numim o atmosferă electrică: atunci corpul este electrizat...".

„9. Ştim că fluidul se găseşte în materia obişnuită, pentru că noi putem să-l pompăm în afară cu ajutorul globului (maşinii) sau al tubului..."

„15. Atmosfera are forma corpului pe care îl înconjură. În aer liniştit ea poate fi făcută vizibilă cu ajutorul fumului de răşină.. care este atras şi se răspîndeşte în mod egal în toate direcţiile, acoperind şi ascunzînd corpul..."

Urmează apoi o teorie a puterii vîrfurilor bazată pe concepţia atmosferelor electrice, şi Franklin adaugă:

„18. Iniţial, cînd mi-au trecut prin minte, aceste explicaţii mi s-au părut total satisfăcătoare: dar acum... trebuie să mărturisesc că am cîteva îndoieli...

„19. Însă pentru noi nu este foarte important să ştim în ce mod îşi respectă natura legile sale: nu este de ajuns să cunoaştem aceste legi. Într-adevăr, folositor este să ştim că dacă lăsăm un porţelan în aer, fără suport, acesta va cădea şi se va sparge; însă a şti de ce cade şi de ce se sparge prezintă doar interes speculativ. Pentru noi constituie o plăcere, dar porţelanul nostru îl putem feri de aşa ceva".

Tonul „pozitivist" şi aproape pragmatic al acestui ultim paragraf contrastează ciudat cu vederile încă impregnate de metafizică ale multor contemporani ai lui Franklin. „Părerile şi presupunerile" ce preced, în care se găseşte

atît de clar exprimată teoria fluidului unic, depăşesc, din fericire, această filozofie pragmatică. Dar pentru moment nu era inutil de a susţine această teorie pînă la paradox, pentru a reacţiona împotriva unui exces invers cu mult mai periculos.

Teoria lui Franklin explică calitativ aproape toate faptele cunoscute la vremea aceea. Astăzi, în aceste particule electrice, mult mai mici decît atomii şi pentru care materia obişnuită este un fel de burete, putem vedea un fel de schiţă a teoriei electronilor. Din păcate:

„Mai este încă o experienţă care ne uimeşte şi căreia nu-i găsim încă o explicaţie satisfăcătoare... Corpurile avînd mai puţin decît cantitatea lor normală de electricitate (încărcate negativ) se resping unele pe altele, tot aşa ca şi cele care au mai multă (*ibidem*, Scrisoarea a IV-a, 1748).

Încercările pe care Franklin le-a făcut mai tîrziu, pentru a lămuri acest fapt, şi care se bazau pe ipoteza atmosferelor electrice, nu au fost reuşite. Abia în 1759, Aepinus a emis ipoteza că moleculele „materiei obişnuite", lipsite de „electricitatea" pe care ar trebui să o aibă în mod normal, se resping la fel ca şi particulele de materie electrică.

Teoria fluidului unic căpăta astfel o formă finită. Dar ea nu se deosebea de loc de cea a celor două fluide, pe care R. Symmer avea să o dezvolte în acelaşi an (1759), şi discuţiile ulterioare ale partizanilor lor aveau să fie destul de zadarnice — aşa cum au simţit-o foarte bine oameni ca Coulomb. Dată fiind simetria, în cadrul teoriei completate de Aepinus, între proprietăţile materiei electrice şi cele ale „materiei obişnuite", ar fi trebuit să se ajungă în mod firesc la presupunerea că aceasta din urmă este o materie electrică inversă primei şi teoria electrică a materiei ar fi fost descoperită cu un secol mai devreme. Dar minţile nu erau încă destul de coapte şi cunoştinţele lor despre fenomenele electrice erau încă foarte fragmentare.

Această cunoaştere fragmentară şi superficială explică eroarea de semn pe care a făcut-o Franklin, atunci cînd a admis că materia electrică mobilă se confundă cu electricitatea vitroasă a lui Dufay, pe care noi o numim şi astăzi electricitate pozitivă. Observînd descărcările în egretă ale corpurilor ascuţite, ca şi fenomenul de vînt electric, el a crezut că observă „fluidul" scurgîndu-se din vîrfurile încărcate pozitiv. Astăzi ştim că aparenţele erau înşelătoare şi că sarcinile electrice mobile, mici în raport cu moleculele materiei obişnuite, sînt electronii negativi.

Mai este încă ceva care ne şochează în teoria lui Franklin: faptul că el confundă într-un singur concept electricitatea, sau materia electrică, şi atmosfera electrică care înconjură corpurile încărcate, adică, în fond, cîmpul lor de forţe. Această confuzie era curentă pe la mijlocul secolului al XVIII-lea; o regăsim la Watson, la abatele Nollet. Lucrările lui Aepinus, ale lui Coulomb şi pătrunderea definitivă a ideilor newtoniene în electricitate vor face ca ideea atmosferelor electrice să fie total abandonată. Ea va reapare la Faraday, dar foarte modificată, infinit mai precisă, mai direct legată de experienţă şi dezbrăcată de orice ipoteză substanţialistă.

PARATRĂSNETUL. Gloria cîştigată de Franklin în rîndul marelui public s-a datorat mai cu seamă cercetărilor sale asupra trăsnetului şi inventării paratrăsnetului. În 1749, el notează toate asemănările dintre fulger şi scînteia electrică şi se întreabă dacă proprietatea de a fi atras de vîrfurile ascuţite nu o are şi fulgerul. El propune de îndată o experienţă: un vîrf ascuţit de fier, izolat pe un turn înalt, este legat de un fir care coboară către sol. La trecerea unui nor electrizat, un om stînd pe un taburet de ceară ar trebu isă poată scoate scîntei.

Experienţa a fost făcută, în mai 1752, de Fr. Dalibard, la Marly. Previziunile lui Franklin au fost în totul verificate. În octombrie, Franklin însuşi a reluat-o cu ajutorul unui zmeu. Electricitatea înceta să mai fie o curiozitate academică şi de salon. Era o putere naturală, care fusese îmblînzită. Inventarea paratrăsnetului avea „să apere casele, bisericile, vapoarele, de lovitura de trăsnet... va scoate pe nesimţite electricitatea din noi, înainte ca ea să ajungă destul de aproape pentru a lovi".

CONTEMPORANII ŞI URMAŞII LUI FRANKLIN. În teoria pe care Franklin o elaborase pentru butelia de Leyda era virtual cuprinsă întreaga teorie a fenomenelor de influenţă electrică. Nu vom insista asupra experienţelor lui J. Canton (1753), care s-a servit de electrometre cu bobiţe de plută, perfecţionare a electrometrului cu fire al lui Dufay, şi nici asupra experienţelor lui Franklin însuşi.

Analiza precisă a acestor efecte se datoreşte mai cu seamă lui Aepinus şi discipolului său J.C. Wilcke (1759), care au reuşit să le interpreteze în întregime prin atracţiile, respingerile şi mobilitatea electricităţii în conductori, fără a mai recurge la „atmosfere compuse din emanaţii ieşind din corpuri electrizate". Această teorie este esenţialmente newtoniană, deşi calitativă.

Punctul de plecare al cercetărilor lui Aepinus fusese o importantă descoperire experimentală, aceea a „piroelectricităţii": încălzind un ac cristalin de turmalină, acesta se încarcă electric, pozitiv la un capăt şi negativ la celălalt; cei doi poli electrici ai acestui cristal sînt întru totul asemănători polilor unui magnet. Această observaţie l-a condus la elaborarea unei teorii a magneţilor şi a magnetizării prin influenţă, copie a teoriei sale a electricităţii: în corpurile magnetizabile există un fluid magnetic unic, mobil; moleculele sale se resping între ele şi sînt atrase de materie.

Prin urmare, aceasta ar poseda, suprapuse, proprietăţile de atracţie pentru fluidele electric şi magnetic, şi de respingere pentru ea însăşi. Cînd este saturată cu fluidele electric şi magnetic, ea nu mai este supusă decît atracţiei universale.

Din cauza acestor complicaţii[4], unii vor ajunge să prefere ipoteza a două fluide electrice, sugerată de experienţele lui Dufay. R. Symmer a propus-o în 1759, dar argumentele pe care le-a invocat în favoarea sa nu erau de prea mare valoare. Se pare că suedezul T. Bergman, în 1765, a fost cel care a dezvoltat-o cel mai riguros, cu o dublă lege de conservare: cele două fluide preexistă în cantităţi egale în orice corp în stare neutră; apropierea unui corp electrizat, atră-

[4] Despre care Aepinus era perfect conştient. Dar demonstrînd că ele nu implicau nici o contradicţie, el le accepta aşa cum erau, cel puţin ca „ipoteze de lucru". — *N.A.*

gînd pe unul, respingînd pe altul, le separă, de unde rezultă fenomenele de influenţă.

Mai departe vom vorbi despre Joseph Priestley, ale cărui descoperiri în chimia gazelor au fost capitale, şi care a fost, în materie de electricitate, succesorul şi discipolul imediat al lui Franklin.

D. MĂSURAREA FORŢELOR ELECTRICE ŞI MAGNETICE ŞI LEGEA ACŢIUNII ACESTORA

În 1749, J.B. Le Roy şi P. d'Arcy au inventat primul aparat care permitea măsurarea forţelor electrice, electrometrul-areometru: un flotor şi o vergea de metal, cufundate în apă şi avînd deasupra un talger. De acesta din urmă se apropia un al doilea talger, pus în legătură cu o maşină electrică. Efectele de influenţă produc o atracţie, areometrul se ridică. Greutăţile cu ajutorul cărora este readus în poziţia iniţială dau o măsură a forţei de atracţie.

În 1760, Daniel Bernoulli a folosit acest instrument pentru a studia variaţia acţiunilor electrice în funcţie de distanţa dintre talgere. Măsurătorile sale par să fi verificat legea variaţiei cu inversul pătratului distanţelor. Este aproape de rezultatul pe care trebuiau să-l dea experienţele, însă fenomenul studiat era complex şi o bună înţelegere a lui n-a putut fi realizată decît mult mai tîrziu. Iată de ce rezultatele lui Bernoulli nu au putut fi şi nici nu au fost considerate ca probante.

APORTUL LUI PRIESTLEY. Cartea clasică a lui Priestley, *The History and Present State of Electricity, with Original Experiments*, a apărut în anul 1767. Din ea s-au tipărit numeroase ediţii şi traduceri (prima ediţie franceză în 1771).

El are o dublă contribuţie originală la ştiinţa electricităţii. Mai întîi, aici se găsesc primele măsurători — foarte aproximative — ale conductivităţilor relative ale diferitelor substanţe.

Iată însă ce este mai important: după Franklin, Priestley a observat că: „bilele de plută nu erau de loc afectate de electricitatea unui pahar metalic în care erau ţinute"; cu alte cuvinte, cîmpul electric este nul în interiorul unei cavităţi metalice. De aici el a tras următoarea concluzie:

„Nu am putea oare deduce din această experienţă că atracţia electricităţii este guvernată de aceleaşi legi ca cele ale gravitaţiei şi că urmează, în consecinţă, legea pătratului distanţei, deoarece se demonstrează că dacă Pămîntul ar avea forma unei cochilii, un corp ce s-ar afla în interior nu ar fi atras mai mult într-o parte decît în alta?"

Priestley nu face decît să pună o întrebare. El îşi dă bine seama că demonstraţia sa nu este completă. Teorema lui Newton nu este valabilă decît pentru cavităţi sferice. Cavendish a refăcut această experienţă, de o manieră foarte riguroasă, tocmai cu o cavitate sferică.

JOHN MICHELL. Nu am semnalat încă lucrarea importantă a lui John Michell, apărută în 1750, *Tratatul despre magneții artificiali*, care marchează primul progres important din secolul al XVIII-lea — înaintea teoriei lui Aepinus — a științei magnetismului. Michell este, ca și Franklin și Aepinus, un newtonian pur. El afirmă că „fiecare pol (de magnet) atrage sau respinge în fiecare direcție exact la aceleași distanțe" și că „atracțiile sau respingerile scad proporțional cu creșterea pătratului distanței față de polii respectivi". Dar experiențele prin care a vrut să stabilească această lege au rămas imprecise și puțin concludente.

OPERA LUI CAVENDISH. Franklin a definit sarcina electrică sau cantitatea de electricitate, dar nici el, nici urmașii săi nu au fost în stare să o măsoare. În afara celor cîteva încercări despre care a fost vorba mai înainte, toate experiențele și toate explicațiile au rămas calitative.

Trecerea de la calitativ la cantitativ se datorește lui Cavendish și lui Coulomb.

Henry Cavendish (1731—1810) nu a publicat decît două memorii, în 1771 și în 1776, în „Philosophical Transactions". Primul dintre aceste memorii, foarte bogat în substanță nouă, trebuia să constituie preludiul celorlalte lucrări ale sale. Dar, devenit mizantrop, pe acestea din urmă Cavendish le-a lăsat îngropate în hîrtiile sale. Maxwell le-a regăsit și le-a publicat în 1897.

Iată punctele principale ale acestui prim memoriu (771):

1. Cavendish pornește de la teoria lui Aepinus. El ia în considerare diferitele legi posibile ale interacțiunii electrice în raport invers cu distanța la o putere n. El arată că n trebuie să fie inferior lui 3. Apoi, ca și Priestley, el presupune $n = 2$ și deduce consecințele matematice ale acestei ipoteze: acțiune nulă în interiorul unei cavități sferice, distribuție superficială a electricității în diferite cazuri particulare: sferă, plan, două plane paralele, influență.

2. În toată această teorie intervine noțiunea de „grad de electrificare" a unui conductor, pe care o va denumi mai tîrziu „compresiune" a electricității și care nu este altceva decît *potențialul* electric[5] . Două corpuri de formă diferită, legate între ele printr-un fir conducător, nu poartă aceeași sarcină electrică, dar sînt electrizate în același grad Cele două noțiuni fundamentale ale electrostaticii, sarcina și potențialul, sînt definite acum cu precizie.

Lucrările ulterioare ale lui Cavendish, care au rămas necunoscute timp de o sută de ani și care n-au avut, prin urmare, nici o influență asupra istoriei fizicii, se referă, în esență, la patru puncte.

1. Determinarea experimentală a legii în $1/r^2$ (1772—1773): în orice punct din interiorul unei sfere conducătoare goale electrizate, acțiunile electrice sînt nule. Verificarea acestei teoreme permite să se demonstreze, cu o extremă precizie, că legea acțiunilor electrice este cea a lui Newton, căci nici o altă lege nu o satisface.

[5] Dufay definise mai dinainte „gradul de forță al electricității" și îl măsurase prin îndepărtarea celor două fire ale electrometrului său, dar s-a mărginit doar la aceasta. — *N.A.*

2. Definirea *capacităţii* unui conductor; sarcinile a doi conductori electrizaţi „în acelaşi grad" sînt proporţionale cu capacităţile lor. Acestea pot fi comparate printr-o măsurare directă, descărcînd progresiv conductorii, cu ajutorul unui mic corp de probă.

3. Capacităţile a două condensatoare plane identice al căror strat izolant este pentru unul aerul, pentru celălalt ceara sau sticla, nu sînt aceleaşi. Acest fapt, care nu va fi regăsit decît de Faraday, conduce la definirea şi la măsurarea *constantelor dielectrice.*

4. O comparare precisă a conductivităţilor electrice a diferitelor corpuri — ceea ce implică o presimţire a legii lui Ohm:

„Fierul conduce de aproape patru sute de milioane de ori mai bine decît apa de ploaie, adică, cu alte cuvinte, electricitatea nu întîlneşte mai multă rezistenţă trecînd printr-un fir de fier lung de 400 de milioane de degete decît ar întîlni într-o coloană de apă de acelaşi diametru şi lungă numai de un deget. Apa de mare conduce de 100 de ori mai bine, iar o soluţie saturată de sare conduce de 720 de ori mai bine decît apa de ploaie."

Nu putem insista aici asupra acestor experienţe foarte ingenioase. Menţionăm numai că noţiunile de sarcini şi de potenţial, o dată bine definite, conduc, în mod necesar, în cazul static la cea de capacitate, în cazul „dinamic" la cele de intensitate, sau de „viteză a curentului" şi de rezistenţă.

CHARLES-AUGUSTIN COULOMB. TEORIA MAGNETISMULUI, LEGILE FUNDAMENTALE ALE MAGNETISMULUI ŞI ALE ELECTROSTATICII. Înainte de a studia opera lui Coulomb, să citäm, în legătură cu ea, o apreciere a lui Maxwell:

„Este remarcabil că nici una dintre experienţele lui Coulomb nu coincide cu vreo experienţă de a lui Cavendish. Metoda lui Coulomb îi aparţine în întregime. Dar, pe de altă parte, ideea însăşi de capacitate a unui conductor ca subiect de cercetări se datoreşte întru totul lui Cavendish şi nu-i putem găsi nimic echivalent în opera lui Coulomb."

Charles-Augustin Coulomb (1736—1806) este un clasic al ştiinţei. Ca şi Cavendish, el stăpîneşte întru totul metodele pozitive, pe care urmaşilor lui Newton le-a fost atît de greu să le aplice; el nu se abate de la ele niciodată. Multe dintre expunerile sale poartă titlul: Cercetări teoretice şi experimentale asupra... El este un experimentator priceput şi totodată un teoretician profund, cu toate că aparatul matematic al lucrărilor sale este foarte simplu. Expunerile lui Coulomb urmează aproape întotdeauna o ordine invariabilă: preliminarii teoretice bazate pe cunoştinţele anterioare, ipoteze de lucru, descrierea aparatelor, a experienţelor, rezultatele numerice, consecinţele lor teoretice, noi experienţe inspirate din noile fapte dobîndite, şi aşa mai departe, pînă la concluziile finale şi la aplicaţiile practice.

În primele sale lucrări de ofiţer de geniu, el pune bazele teoriei rezistenţei materialelor (1773) şi, mai tîrziu (în 1779) enunţă principiile maşinilor simple şi legile frecării.

În 1777 un concurs al Academiei îi atrage atenția asupra magnetismului și ca urmare publică un memoriu cu titlul: *Recherches sur la meilleure manière de fabriquer des aiguilles aimantées*, care conține, nu rețete practice, ci un studiu aprofundat al fenomenelor. Pe baza unor experiențe mai vechi ale lui Musschenbroek și pe baza unor experiențe, el stabilește mai întîi două principii fundamentale pe care le rezumăm în limbaj modern:

Într-un loc dat, cîmpul magnetic terestru este uniform; acțiunea sa asupra unui magnet se reduce la un cuplu proporțional cu sinusul unghiului pe care-l face magnetul cu poziția sa de echilibru.

Din aceste principii (cuplu, și nu forță) rezultă un „corolar general" afirmînd necesitatea unei teorii newtoniene a acțiunilor magnetice:

„Direcția unui ac magnetic nu poate depinde de un torent de fluid... Din experiență rezultă că nu vîrtejurile produc diferitele fenomene magnetice și că, pentru a le explica, trebuie, în mod necesar, să recurgem la forțe de atracție și de respingere de aceeași natură cu cele pe care sîntem obligați să le folosim pentru a explica gravitația corpurilor și fizica cerească."

Plecînd de la aceste principii, Coulomb stabilește ecuația mișcării unui ac magnetic în cîmpul terestru, o integrează pentru oscilații mici și arată modul în care se poate deduce din perioada lor „*momentum-ul* forței magnetice" și compară între ele *momentele magnetice* ale diverșilor magneți.

În continuare, el face o serie întreagă de măsurători asupra oscilațiilor magneților suspendați de fire subțiri. Cuprins de scrupule, Coulomb își pune întrebarea dacă elasticitatea de torsiune a firelor nu-i falsifică rezultatele. Prin noi experiențe, el își înlătură orice dubiu, stabilind — cu excepția unei mici erori — legile torsiunii.

Menționăm, în sfîrșit, că, încercînd să fabrice ace de busolă bune, el definește ceea ce denumim astăzi *cîmpul demagnetizant* și găsește reguli care permit reducerea lui.

În 1784, Coulomb reia cercetările asupra torsiunii firelor, elimină eroarea din 1777 și dă o teorie corectă — foarte simplă — a legii pe care a descoperit-o.

În 1785 apare primul său memoriu fundamental asupra electricității, cu titlul: *Construction et usage d'une balance électrique...*

Balanța sa este bine cunoscută; ea permite măsurarea unor forțe de ordinul miimii de dină (milionimii de gram-greutate), sensibilitate care ulterior a fost mărită și mai mult.

Nu vom descrie experiențele sale clasice asupra respingerii electrostatice, prima demonstrație precisă — după cea, inedită, a lui Cavendish — a „legii lui Coulomb".

Un al doilea memoriu, din 1785, extinde legea la atracții: experiențe delicate cu balanța, căci purtătorii de electricitate de semne contrarii tind să se atingă și să-și piardă sarcina.

O a doua metodă, mai simplă, se bazează pe măsurarea perioadei de oscilație a unui ac izolant avînd la unul dintre capete un mic corp electrizat, care se mișcă în cîmpul unei sfere încărcată cu electricitate de semn contrar.

În același memoriu se găsesc și experiențele asupra legii acțiunilor magnetice, experiențe făcute prin două metode, una statică, cealaltă dinamică, incluzînd toate corecțiile pe care le cere complexitatea fenomenelor.

Într-o a treia lucrare din 1785, Coulomb se ocupă de un efect supărător: pierderea electricității.

Trei memorii (din 1786, 1787 și 1788) sînt consacrate problemelor de distribuție a electricității pe conductori.

În primul memoriu, Coulomb demonstrează, prin experiență, că „fluidul electric nu se răspîndește în nici un corp prin afinitate chimică..., dar că el se împarte, între diferitele corpuri aflate în contact, numai prin acțiunea sa de respingere", și pe urmă că „ajuns la starea de stabilitate, el este răspîndit la suprafața corpurilor și nu pătrunde în interior".

Tocmai pentru a stabili acest principiu, el inventează *planul* său *de probă* binecunoscut și îi elaborează teoria. În același timp, printr-un raționament matematic simplu, el demonstrează o teoremă pe care Cavendish o cunoștea mai de mult:

„Un fluid închis într-un corp în care se poate mișca liber, dacă acționează prin respingere în toate părțile sale elementare cu o forță mai mare ca inversul puterii a treia... trebuie să se deplaseze la suprafața corpului și nu trebuie să rămînă în interiorul lui".

Cele două memorii din 1787 și 1788 prezintă soluții aproximative ale diferitelor probleme de distribuție a electricității pe sisteme de conductori. Nu putem decît să semnalăm precizia măsurării „densității electrice" (cu ajutorul planului de probă și al balanței) și modul de stăpînire al calculelor teoretice, bazate doar pe legea atracțiilor și respingerilor, și pe ipoteza mobilității sarcinilor în conductori.

Bazele electrostaticii experimentale și matematice erau puse. Urmașii lui Coulomb, Poisson, apoi Lord Kelvin, nu vor avea decît să urmeze calea trasată de acesta.

Insistăm numai asupra unui punct: legea lui Coulomb definește cu exactitate „masa electrică", adică sarcina unui corp. Balanța lui Coulomb permite măsurarea acestei sarcini și, prin intermediul planului de probă, densitatea sa într-un punct. Aceste mărimi fuseseră introduse în fizică de Franklin, dar în mod semicalitativ. Cavendish le măsurase în valoare relativă, prin metode indirecte. Astăzi se cunoaște legătura între valoarea lor absolută și mărimile mecanice fundamentale, și deci pot fi obținute prin calcul.

Care este natura acestor sarcini? Ca toți contemporanii săi, Coulomb se găsește în fața a două teorii, aceea a fluidului unic a lui Franklin-Aepinus, și aceea a două fluide, a lui Symmer-Bergman. Atitudinea sa este prudentă.

Iată ce se poate citi în memoriul său din 1788: „Cum aceste două explicații nu posedă decît un grad mai mare sau mai mic de probabilitate, eu atrag atenția că, presupunînd existența a două fluide electrice, nu am altă intenție decît să prezint cu mi-

nimum de elemente posibile rezultatele calculului și ale experienței și nu de a indica adevăratele cauze ale electricității".

În alt loc însă: „Ipoteza domnului Aepinus (fluidul unic) dă, în ce privește calculul, aceleași rezultate ca și cea a două fluide. Eu o prefer pe cea a două fluide, propusă de mai mulți fizicieni, deoarece mi se pare contradictoriu să admiți existența în părțile corpurilor, în același timp, a unei forțe de atracție inversă pătratului distanței, demonstrată prin gravitația universală și a unei forțe de respingere în același raport cu pătratul distanței."

În ultimele sale lucrări (1789—1801), Coulomb revine la studiul magnetismului. Mai întîi, în cadrul teoriei lui Aepinus sau a celei a două fluide, care sînt echivalente, el încearcă să calculeze „distribuția fluidului magnetic într-un ac de oțel cilindric".

Pentru aceasta, el este obligat să adauge la atracții și respingeri *„o forță coercitivă* care împiedică fluidul să curgă dintr-o parte a acului în cealaltă, forță care poate fi comparată cu frecarea". Conceptul și cuvîntul de forță coercitivă mai sînt încă valabile și astăzi.

În sfîrșit, experiența magneților rupți îl conduce să propună *o teorie moleculară a magnetismului:*

„Eu cred că rezultatul experiențelor s-ar putea pune de acord cu calculul, făcînd cîteva schimbări în ipoteze, de exemplu presupunînd, în sistemul domnului Aepinus, că fluidul magnetic este închis în fiecare moleculă..., că el poate fi transportat de la o extremitate la alta a acesteia, ceea ce face ca fiecare moleculă să aibă doi poli, dar că acest fluid nu poate să treacă dintr-o moleculă în alta."

Astfel găsim definită, în mod clar — deși cuvintele corespunzătoare nu se găsesc încă acolo — , noțiunea de magnetizare sau *polarizare magnetică.*

Cu Franklin, dar mai cu seamă cu Cavendish și Coulomb, am pășit, în domeniul electricității și al magnetismului, pragul științei moderne. Evoluția acestora este în întîrziere cu un secol față de mecanica corpurilor solide și fluide și față de o parte a opticii.

Întîrzierea se explică prin noutatea și dificultatea experiențelor. Newton însuși nu a descoperit nimic nou nici în magnetism, nici în electricitate. Această întîrziere se mai datorește și persistenței imaginilor mecaniciste moștenite de la antici, imagini calitative, și, după cum a demonstrat-o Coulomb, flagrant false.

Secolul al XVIII-lea este cel în care fizicienii au început să folosească în toate domeniile „acțiuni la distanță", înțelegînd că acțiunile de contact dintre corpurile solide, care nouă ne sînt mai familiare, nu sînt în fond mai ușor de înțeles. Aceasta ne-o arată și citatul următor din Musschenbroek (1739).

„S-au adus obiecții împotriva sistemului de atracție, că nu este de conceput cum două corpuri pot să acționeze unul asupra celuilalt fără să se atingă reciproc. Și eu sînt de acord cu aceasta, dar mărturisesc, la rîndul meu, că nu am absolut nici o idee despre acțiunea reciprocă, indiferent de care corp ar fi vorba. În adevăr, este imposibil ca mintea omenească să conceapă ce este acțiunea a două corpuri care sînt îm-

pinse unul către celălalt şi care se ating: nimeni nu are idee despre forţa care le pune în mişcare; nu se înţelege cum această forţă trece de la unul la celălalt, şi nici modul în care ea se produce, nici, în sfîrşit, cum încetează să acţioneze. Acesta este un mister, mai presus de înţelegerea noastră."

Electrostatica şi magnetostatica s-au născut deci înainte de 1789, şi secolul următor nu va avea decît să perfecţioneze metodele experimentale şi calculele teoretice.

Între 1791 şi 1800, descoperirea pilei şi a electricităţii dinamice de către Galvani şi Volta va fi un fapt nou, cu totul neaşteptat, o revoluţie, o discontinuitate a istoriei ştiinţei, ale cărei consecinţe nu se vor dezvolta decît după descoperirea electrolizei şi electromagnetismului.

Iată de ce ni s-a părut preferabil să legăm istoria acestei descoperiri de cea a secolului al XIX-lea, care va fi tratată în volumul III al acestei lucrări.

CAPITOLUL V

Naşterea chimiei moderne

A. CHIMIA GAZELOR

1. Progresele cunoştinţelor generale

Descoperirea cea mai importantă din perioada care începe în 1650 şi se încheie în jurul anului 1750 este aceea a existenţei corpurilor gazoase deosebite de aerul atmosferic. Această descoperire a dus la marile lucrări ale lui Lavoisier şi la reforma întregului sistem chimic. Deşi această descoperire era suficientă pentru a zgudui din temelii chimia tradiţională, poate că nu ar fi oferit o bază suficientă pentru construirea sistemului chimic modern, dacă în aceeaşi perioadă nu ar fi fost realizate numeroase progrese în cunoaşterea altor corpuri.

MEŞTEŞUGUL DE CHIMIST. Aceste progrese au fost dobîndite ca urmare a observaţiilor migăloase ale chimiştilor din se colul al XVII-lea şi de la începutul secolului al XVIII-lea. Practicarea chimiei era încă un meşteşug greu şi adesea destul de dispreţuit. Munca de laborator, cu întreţinerea focului în cuptoare, cu operaţiile de sfărîmare, de spălare etc., era obositoare şi murdară; pînă la începutul secolului al XIX-lea, chimiştii s-au plîns de nenumărate ori de arsuri ale mîinilor şi ale feţii, ca şi ale îmbrăcăminţii, cauzate de foc sau de produse corosive, precum şi de trecerea alternativă de la cald la frig. Autorii îşi exprimă, pe de altă parte, şi amărăciunea de a fi ţinta zeflemelilor din partea celor care nu înţeleg scopul străduniilor lor. Numărul chimiştilor nu înceta însă să crească, datorită profiturilor adesea mari pe care putea să le ofere această meserie. În afară de aceasta, publicarea lucrărilor devine mai uşoară şi mai activă către sfîrşitul secolului al XVII-lea. Aceste condiţii au favorizat înmulţirea descoperirilor.

Majoritatea acestor descoperiri priveau compuşii cei mai obişnuiţi, folosiţi încă de multă vreme, dar a căror compoziţie exactă rămăsese încă destul de confuză. Sărurile alcaline au început să fie cunoscute şi deosebite mai bine unele de altele. Au fost identificate bazele alcaline, precum şi primele baze alcalino-pămîntoase. Au fost descoperite alte metale şi cîţiva metaloizi, au fost studiate mai bine numeroase săruri metalice.

CUNOAŞTEREA COMPUŞILOR ALCALINI ŞI ALCALINO-PĂMÎNTOŞI. Două săruri alcaline se bucurau de un mare prestigiu încă de la începutul secolului al XVII-lea; sulfatul de sodiu şi clorura de potasiu. Glauber a făcut-o faimoasă

pe cea dintîi sub numele de sare admirabilă sau sare policrestă. El a descris un procedeu de preparare a ei, iar în anul 1732, Claude-Joseph Geoffroy i-a determinat compoziția. Efectele digestive ale clorurii de potasiu sau sarea lui Sylvius erau și ele foarte apreciate, dar nu se putea stabili diferența de compoziție care o deosebea de sarea comună. Prepararea sărurilor de potasiu într-o stare de puritate înaintată a fost perfecționată, în decursul secolului al XVII-lea, de Glaser și de Tachenius. Ele erau cunoscute sub denumirea de săruri de tartru. Tartratul dublu de sodiu și potasiu fusese preparat pentru prima oară, în 1672, de către Seignette, al cărui nume îl poartă și astăzi. Procesul de fabricație a fost publicat în 1731, în același timp de Geoffroy și de Boulduc.

Soda a fost preparată pentru prima dată în 1736 de Duhamel, care a descompus „vitriolul" (sulfatul — *N.T.*)sau „salpetrul" (azotatul — *N.T.*) corespunzător cu ajutorul cărbunelui. În urma acestor lucrări, a fost stabilită deosebirea dintre sodiu și potasiu de către Brandt în 1746 și apoi precizată de Margraff, care a deosebit sărurile respective după cristalele lor și după culoarea galbenă sau roșie pe care o dau flăcării. Margraff a denumit sodiul — alcaliu fix mineral, iar potasiul — alcaliu fix vegetal.

Natura oxidului de calciu a fost mai greu elucidată; ideile asupra compoziției sale au variat mult, în general crezîndu-se că ar fi o sare. Compoziția gipsului a fost descoperită în 1747 de către Macquer, care a stabilit prezența în el a acidului sulfuric unit cu oxidul de calciu și a fost confirmată în 1750 de Margraff. Din 1755, în urma lucrărilor lui Black cu privire la fixarea gazului carbonic și formarea carbonatului de calciu, se admitea că oxidul de calciu este un pămînt alcalin.

În același timp, a fost stabilită și natura magneziei (oxidul de magneziu — *N.T.*). Trecuse abia o jumătate de secol de cînd spițerii răspîndiseră folosirea acestui praf denumit magnezie albă, spre deosebire de magnezia neagră sau pămîntul sticlarilor (oxidul de mangan), cunoscut de foarte multă vreme. Se pare că magnezia albă a fost preparată mai întîi în Italia. Chimistul german Friedrich Hoffmann a expus, în 1722, modul de a o extrage din unele ape naturale. Black s-a consacrat studiului carbonatului de magneziu, pentru a pune capăt unei controverse medicale; el a identificat magnezia și a descoperit gazul carbonic.

În această epocă, de-abia începuse să se întrezărească existența compușilor de bariu, sub aspectul de „spat greu", care era luat drept sulfat de calciu. Margraff a arătat că reducerea sa nu dădea calciu, ci un pămînt diferit. Dar baritul (oxidul de bariu — *N.T.*) nu avea să fie cu totul identificat decît de chimiștii generației lui Scheele.

Pămînturile alcaline și alcalino-pămîntoase au fost mult timp considerate drept corpuri simple, fapt pe care Lavoisier îl punea la îndoială.

DESCOPERIREA UNOR NOI METALE. În cursul secolului al XVIII-lea, lista metalelor s-a îmbogățit într-un mod interesant. Zincul era folosit încă din cele mai vechi timpuri sub formă de alamă, care se prepara prin cementarea cu cărbune a cadmiei sau a pietrei calaminare (oxidul de zinc. — *N.T.*) acope

rită cu cupru. Se cunoștea zincul în stare metalică pură, dar sub denumirea de argint fals, ceea ce indică confuzia care domnea în privința naturii sale. Cuvîntul zinc, folosit încă de Paracelsus, nu a devenit uzual decît în jurul lui 1720. Prepararea, prin descompunerea la cald, a pietrei calaminare și sublimarea metalului a fost cunoscută în Europa cam în aceeași perioadă; diferite procedee au fost indicate de metalurgistul suedez Swab (1742), de chimistul german Margraff (1746) etc. Zincul folosit pînă atunci în Europa venea mai cu seamă din India. Natura blendei a fost stabilită de suedezul Funk; fabricarea industrială a zincului nu a fost întreprinsă în Europa decît în ultimii ani ai secolului al XVIII-lea.

Confuziile provocate de natura bismutului au fost înlăturate grație memoriilor lui Hellot (1737), Pott (1739) și Geoffroy mezinul (1753); cel al lui Geoffroy a permis să se definească, cu exactitate, proprietățile bismutului.

Cobaltul și nichelul au fost descoperiți în cursul aceleiași perioade. La drept vorbind, compușii lor erau și ei folosiți de foarte multă vreme și fuseseră reduși la starea metalică încă dintr-o epocă foarte îndepărtată, fără ca metalele să poată fi identificate. Cobaltul a fost izolat în 1742 de Brandt, care i-a dat numele minereului din care îl extrăsese; nichelul a fost descoperit de chimiștii suedezi, într-un minereu brun-roșcat, kupfernikel (arseniura naturală de nichel — *N.T.*); studiile principale asupra acestuia se datoresc chimistului Cronstedt (1751 și 1754), care a descris proprietățile chimice și fizice ale lui „regula" (nichelul metalic) și care i-a stabilit proprietățile magnetice, dar le-a atribuit prezenței unei mici cantități de fier. Cunoașterea nichelului a fost completată prin studiile lui Bergman.

Descoperirea unui metal prestigios i-a pasionat pe chimiștii din a doua jumătate a secolului al XVIII-lea; este vorba de platină. Cîteva probe fuseseră cunoscute în Europa către anul 1740; unele, aduse din Jamaica de Brownrigg, care le-a prezentat la Royal Society în 1750; altele aduse din Peru, de matematicianul spaniol Antonio de Ulloa. Primul memoriu publicat despre platină pare să fie cel al unui cercetător englez, Charles Wood, în 1746. În 1758, William Lewis a publicat o lucrare importantă despre noul metal, care se numea pe atunci platină, aur alb sau al optulea metal. În decursul acestor cîțiva ani, chimiștii din toate țările s-au ocupat de platină și printre ei Margraff, Macquer, Baumé, Bergman. Lavoisier a folosit pentru prima dată, în 1783, pentru a topi platina, suflătorul cu hidrogen, cu care avea să demonstreze compoziția exactă a apei. Către sfîrșitul secolului, platina a fost utilizată pentru fabricarea oglinzilor de telescop, apoi a etaloanelor sistemului metric.

Ansamblul cunoștințelor din domeniul chimiei minerale a fost completat de numeroase studii asupra sărurilor metalice. Astfel, compoziția sulfatului de fier a fost stabilită de Geoffroy cel Mare, în 1728, iar cea a alaunilor a fost cunoscută datorită unui șir de lucrări care s-au desfășurat aproape de-a lungul întregului secol al XVIII-lea și care s-au datorat mai cu seamă lui Geoffroy, Pott, Margraff și, mai tîrziu, Vauquelin. În ceea ce privește sărurile de fier, mai putem menționa descoperirea albastrului de Prusia (ferocianură ferică — *N.T.*), făcută la Berlin de Diesbach în 1710, ca urmare a unui șir de cir-

cumstanțe întîmplătoare. Secretul fabricației acestui colorant, care a cunoscut de îndată un succes uimitor, a fost păstrat pînă în 1724. Începînd de la această dată, în Anglia au fost publicate diferite procedee, apoi Macquer a arătat, în 1752, că colorarea se datora formării, în mediu alcalin, a unui compus al fierului și a unei substanțe necunoscute, acidul prusic, pe care Scheele l-a descoperit în anul 1783.

Trebuie să menționăm apariția, în rețetele chimice, către sfîrșitul secolului al XVII-lea, a metodei de preparare a oxidului roșu de mercur prin calcinarea metalului, operație care avea să joace mai tîrziu un rol de seamă în istoria chimiei. Mai înainte nu se cunoștea decît prepararea oxidului obținut prin descompunerea sau precipitarea nitratului de mercur. Béguin menționează procedeul pe cale uscată, dar Glaser nu pare să-l fi cunoscut. Boyle l-a descris și a constatat că oxidul se descompune prin încălzire. Ettmüller vorbește de „precipitarea minunată a mercurului prin sine însuși". Acest oxid a fost numit precipitat *per se*.

ACIDUL BORIC ȘI FOSFORUL. Alte două evenimente au provocat lungi serii de cercetări. Primul a fost descoperirea, în 1702, a acidului boric de către Homberg, care l-a denumit sare sedativă. Chimistul german a extras acest nou acid din borax, care era folosit de multă vreme, dar a cărui compoziție nu era încă cunoscută. Succesiv, Louis Lémery, Geoffroy cel Mare, Pott, Baron au efectuat cercetări asupra acestui compus; către sfîrșitul secolului a fost descoperită prezența abundentă a acidului boric în apele unor lacuri, astfel că producția lui a fost ușor asigurată.

Descoperirea fosforului a stîrnit la fel de multă curiozitate ca și descoperirea platinei. Fosforul a fost descoperit în 1669, an în care un medic din Hamburg, Brandt, a reușit să prepare, printr-un procedeu necunoscut, o substanță misterioasă care lumina în întuneric, de unde i se trage și denumirea de fosfor. Cîteva săptămîni mai tîrziu, germanul J. Kunckel a reușit, la rîndul său, să-l obțină, calcinînd reziduurile de urină evaporată. Procedeul a fost redescoperit, independent, de Homberg și de Boyle. Produsele astfel preparate au primit mai întîi nume diferite: fosforul lui Kunckel, fosfor de Anglia. Fosforul a rămas multă vreme o curiozitate de laborator, pînă cînd Scheele a făcut cunoscut modul de a-l extrage din oase. Combustia fosforului a fost unul dintre primele subiecte de studiu ale lui Lavoisier.

2. Descoperirea gazelor

Alături de toate aceste lucrări, care au transformat treptat lista compușilor chimici, această perioadă atît de fructuoasă a fost renumită mai ales prin descoperirea corpurilor gazoase. Pentru a ajunge la originea acestor descoperiri, trebuie să ne întoarcem pînă pe la mijlocul secolului al XVII-lea și chiar mai înainte. De fapt, problema participării aerului la reacțiile de ardere și la respirație, problemă care constituie preistoria acestor descoperiri, a fost deose-

bit de mult dezbătută de chimiștii din generația lui Boyle, dar fenomenul esențial fusese bănuit cu aproape un secol și jumătate mai înainte.

CREȘTEREA GREUTĂȚII METALELOR CALCINATE. Încă de foarte multă vreme se știa, într-adevăr, că plumbul și cositorul își măresc greutatea cînd sînt calcinate în aer liber. Faptul este menționat în scrierile lui Galen și citat de mai mulți autori din evul mediu. În secolul al XVI-lea s-a început să se vorbească mai des despre aceasta. Scaliger, Cardano, Fachs, Libavius, Cesalpino, au încercat să dea o explicație fenomenului bazîndu-se pe greutatea particulelor de foc fixate pe metal. Biringuccio a dat, în 1540, o altă explicație, considerînd că focul alungă particulele cele mai ușoare din metal care devine astfel mai greu, ca și corpul unui animal mort din care a ieșit sufletul care îl menținea în viață. Pînă în clipa găsirii soluției exacte, toate explicațiile propuse se învîrteau în jurul acestor două sisteme.

În 1630, medicul din Périgord, Jean Rey, a publicat *Eseuri*, consacrate acestei probleme, despre care s-a vorbit cîtva timp, dar care au fost date curînd uitării. Teza lui Jean Rey este că creșterea greutății se datorează unei părți mai „îngroșate" a aerului, care se fixează pe metal. Această parte a devenit mai grea, pentru că, sub acțiunea focului, aerul și-a pierdut elementele sale cele mai ușoare. Expusă sub altă formă, explicația lui se apropie de cea a lui Biringuccio. Rey n-a făcut vreo cercetare specială; el trage aceste concluzii din raționamente dialectice. Se vede deci cît este de nejustificată pretenția de a-l considera drept precursor al lui Lavoisier, afirmație care se găsește în aproape toate scrierile, începînd de la sfîrșitul secolului al XVIII-lea și pînă în zilele noastre.

Cam în aceeași epocă se situează și lucrările lui van Helmont, despre care s-a vorbit în capitolul precedent. Cuvîntul „gaz" reprezintă la el nu atît un fluid de tipul aerului, cît un spirit, înțeles în accepția tradițională a termenului, care se manifestă prin efecte fizice și fiziologice; van Helmont constată că el apare în arderea cărbunelui, în explozia prafului de pușcă, în fermentare, în atacarea anumitor săruri de către acizi; lui îi atribuie asfixierea în vasele pentru fermentarea vinului și în peșteri. Van Helmont a fost probabil primul care a semnalat că dacă așezăm o lumînare aprinsă sub un clopot răsturnat pe o cuvă cu apă, și dacă flacăra se stinge, volumul aerului închis scade.

Inventarea pompei pneumatice, de către Otto von Guericke, a atras atenția asupra proprietăților aerului, deschizînd calea unui lung șir de lucrări, care aveau să ducă la rezultate dintre cele mai importante în fizică și în chimie, mai cu seamă la descoperirea gazelor. Într-adevăr, folosirea pompei pneumatice i-a permis lui Robert Boyle să elaboreze tehnica manipulării gazelor.

TEORIILE LUI BOYLE, HOOKE ȘI MAYOW. Pe lîngă prima lege fizică a gazelor, lucrările marelui savant englez au făcut cunoscut procedeul de a culege gazele într-un balon umplut cu apă și răsturnat. Boyle a cules mai cu seamă gazul care se degaja în timpul atacării fierului de către acidul sulfuric diluat, dar fără să identifice hidrogenul. Cu ajutorul pompei pneumatice, el a deter-

minat influența aerului asupra arderii, observînd că rarefierea aerului oprește arderea și că o bucată de lemn incandescentă își recapătă strălucirea cînd se dă din nou drumul aerului în recipient; Boyle a făcut cercetări analoge și asupra respirației păsărilor și a șoarecilor. El a stabilit astfel că numai o parte din aer este absorbită de ardere sau de respirație și a tras de aici concluzia că în aer există ceva care alimentează atît focul, cît și viața. După Boyle, Robert Hooke și John Mayow au exprimat aceeași idee, desemnînd acest principiu sub numele de nitru aerian.

Boyle a avut mai puțin succes în încercările sale de calcinare a metalelor în vase închise. El a experimentat totuși cu multă pricepere și grijă, cîntărind substanța înainte și după calcinare și verificînd, printr-o probă fără metal, că greutatea recipientului nu variază în timpul operației. Dar Boyle nu s-a gîndit să cîntărească recipientul cu metal închis ermetic, înainte și după calcinare. El nu a putut să-și dea seama că greutatea ansamblului nu se schimbă și că creșterea în greutate a metalului calcinat se datora numai fixării de către acesta a unei părți din aerul închis în recipient. El a trecut astfel pe lîngă descoperirea pe care Lavoisier avea să o facă un secol mai tîrziu. Boyle s-a mulțumit doar cu o explicație ce fusese formulată cu mult timp înaintea lui: creșterea greutății metalului calcinat se datora fixării pe el a particulelor de foc, care trecuseră prin pereții recipientului.

Teoria lui Hooke, formulată aproape în același timp, făcea să intervină nitrul aerian sau, mai exact, o substanță „care e asemănătoare, dar nu e chiar aceeași, cu cea fixată în salpetru", ca dizolvant al tuturor combustibililor. Teoria lui Mayow se apropie de aceea a lui Boyle, dar Mayow este mult mai precis și mai categoric. Explicînd respirația cu ajutorul acestei substanțe (sau cu ajutorul acestui „principiu") amestecată cu aerul, el spune că aceasta este absorbită de sînge, care îi datorează transformarea sa din sînge venos în sînge arterial. În ceea ce privește calcinarea și arderea, el consideră, de asemenea, că are loc o adevărată reacție între particulele de nitru aerian și antimoniu (cu care făcea experiențe) sau flacără; lipsit de aceste particule, aerul nu mai are capacitatea de comburant.

MANIPULAREA GAZELOR; MAYOW ȘI HALES. Mayow a fost chimistul care s-a exprimat cu precizia cea mai mare asupra acestui subiect, și, în acel stadiu de dezvoltare al ideilor generale din epoca sa cu privire la materie, s-a dovedit cel mai clarvăzător. Mayow a mai avut și meritul de a fi creat o adevărată tehnică a manipulării gazelor, folosind cuva cu apă, tuburile cotite pentru transportarea gazelor și inventînd sau perfecționînd diferite procedee pentru aprinderea substanțelor sau provocarea reacțiilor în eprubete răsturnate.

Mayow a murit de tînăr și cele două lucrări ale sale au fost date curînd uitării. Problemele sale de care s-au ocupat mai cu seamă chimiștii englezi au reținut destul de puțin atenția succesorilor acestora. Teoriile formulate nu au mai fost discutate; fără îndoială, ele nu reușeau să mulțumească pe nimeni în întregime și, în plus, dificultatea de a ieși din acest impas îi descuraja pe chimiști. Dar procedeele lui Mayow nu s-au pierdut. Ne-a rămas, de exemplu,

o cărticică publicată în 1719, de un fizician puțin cunoscut, Moitrel d'Elément, în care sînt descrise manipulări asemănătoare. Însă cel care a făcut cu adevărat cunoscute aparatele și metodele pentru culegerea gazelor a fost Stephen Hales (1677—1761).

Hales a făcut numeroase experiențe cu privire la respirația plantelor, la fermentări, ca și asupra tuturor reacțiilor chimice în cursul cărora se degaja un gaz; el și-a comunicat observațiile la Royal Society, publicîndu-și ansamblul lucrărilor în 1727, sub titlul de *Vegetable Staticks*. Cartea lui a avut un mare succes; ea a fost tradusă în franceză de Buffon în 1735 și a fost citită de toți savanții secolului al XVIII-lea, pe care i-a învățat procedeele de manipulare a gazelor. Din descrierea experiențelor sale reiese sigur că Hales a preparat și a cules aproape toate gazele care au fost descoperite în timpul celor cincizeci de ani care au urmat. Dar el nu a identificat și nu a descris nici unul. El a urmat oarecum teoria tradițională, după care gazele, culese în circumstanțe diferite, nu sînt decît aer alterat de diferite materii. Dacă el a constatat că aerul joacă un rol în respirație, explicația pe care o dă fenomenelor este mai puțin avansată decît cele ale englezilor din generația precedentă. El presupune că aerul își pierde elasticitatea și nu mai poate umfla plămînii.

FLOGISTICUL A ÎNTIRZIAT DESCOPERIREA GAZELOR? Mult timp încă, chimiștii au părut incapabili să interpreteze în mod acceptabil fenomenele pe care le observau. Deseori s-a afirmat că teoria flogisticului este cea căreia i se datorează acest soi de sterilitate în problema gazelor. Dar, fără îndoială, nu așa au stat lucrurile. Desigur, teoria lui Stahl a cristalizat și a codificat, într-o formulare modernă, un ansamblu de concepții tradiționale, și a contribuit la menținerea în vigoare a unei stări de spirit, la crearea căreia nu contribuise. Dar, chiar dacă flogisticul nu ar fi cunoscut succesul pe care l-a avut în realitate, concepțiile tradiționale nu ar fi fost amenințate de nici un alt sistem care ar fi putut să-l înlocuiască. Domnia flogisticului a dăinuit senină atîta timp cît nu i s-a opus nimic. El s-a prăbușit de îndată ce Lavoisier a deschis discuția în favoarea propriei sale doctrine; iar dacă lupta a fost intensă, în schimb n-a durat mult: zece ani. Influența nefastă a flogisticului asupra progreselor chimiei nu este decît o legendă; în particular, această teorie n-a întîrziat cu nimic descoperirea gazelor, care a fost făcută de flogisticieni convinși.

AERUL FIX. Nu problema rolului aerului în procesul arderii sau în procesul de respirație a dus la primele rezultate pozitive în acest domeniu, ci problema formării gazului carbonic și a fixării acestuia. Studiul apelor naturale s-a dezvoltat mult în timpul primei jumătăți a secolului al XVIII-lea. Venel, care a publicat mai multe memorii asupra acestui subiect, a cules, și el, gazul carbonic, fără să-l identifice. Această descoperire se datorește chimistului scoțian Joseph Black. Black a extins asupra carbonaților alcalini observațiile pe care le făcuse, în jurul anului 1755, asupra carbonaților de magneziu și de calciu, și a determinat circumstanțele în care ia naștere gazul carbonic: acțiunea căldurii și acțiunea acizilor. El a stabilit că acest gaz este absorbit de

soluțiile alcaline, că precipită apa de var și o face să-și piardă puterea caustică. Din cauza procedeelor de preparare, Black a numit acest gaz aer fix[1].

Black și-a depășit predecesorii prin precizia și exactitatea observațiilor sale, și prin afirmația că aerul fix este un corp diferit de aerul atmosferic. Această noțiune răsturna ideile dobîndite.

Deși condamnate încă în urmă cu două secole, elementele aristotelice continuă să ocupe un loc privilegiat în mintea chimiștilor; aceste elemente aproape că nu mai erau considerate principii constitutive ale materiei, iar focul nu-și mai păstra decît un caracter nemărturisit de corporalitate. Dacă pămîntul își pierduse unicitatea, nu același lucru se putea spune despre aer și despre apă. Teoria lui Black a stîrnit vii discuții. Chimistul italian de Saluces studiase gazul prafului de pușcă, cu puțin înainte ca Black să-și publice lucrările. Cîțiva ani mai tîrziu, scoțianul Macbride stabilește că aerul degajat în timpul fermentațiilor este aer fix.

Teoriei lui Black i-a fost opusă o teorie conformă concepțiilor tradiționale de către un farmacist din Osnabrück ,Friedrich Mayer, care a creat în acest scop un corp nou *acidum pingue*, înrudit destul de mult cu flogisticul. Acest corp nou, absorbit de carbonatul de calciu în timpul calcinării, îl transforma în var nestins. Separîndu-se de calciu, el provoca transformarea acestuia în carbonat. Publicată în 1764, teoria lui Mayer a fost combătută de un profesor din Viena, Jacquin; deși a găsit apărători, mai cu seamă în Germania, ea nu a fost decît un argument de polemică, folosit de cei mai înverșunați adversari ai „aerelor".

AERUL INFLAMABIL. În timp ce aceste discuții continuau, Henry Cavendish identifică hidrogenul în anul 1765. Ca și gazul carbonic, hidogenul fusese preparat anterior în mai multe rînduri. Se știa, în particular, că atacarea fierului de către acidul sulfuric diluat provoca formarea unui aer. Cavendish a stabilit cu precizie proprietatea acestuia de a fi combustibil și de a exploda cînd este amestecat cu aerul atmosferic; el l-a numit aer inflamabil. Cavendish i-a determinat solubilitatea, așa cum în decursul anilor următori avea să determine densitatea și solubilitatea gazului carbonic. Această nouă descoperire a stîrnit alte discuții; erau cunoscute mai multe aere inflamabile: cele care se degajă din distilarea plantelor, cel produs din atacarea zincului de către acidul clorhidric. În legătură cu ele a mai dăinuit cîtva timp o anumită confuzie.

Cavendish a realizat și un progres important în manipularea gazelor, prin introducerea cuvei cu mercur, fapt care a permis chimiștilor să capteze gazele solubile în apă, care le scăpaseră multă vreme.

DESCOPERIRILE LUI PRIESTLEY. În acest moment s-a trezit interesul lui Joseph Priestley (1733—1804) pentru chimie, si acesta a fost un eveniment

[1] Într-adevăr, termenul de gaz, de care se folosea van Helmont, nu pătrunsese în limbajul curent; toate gazele care au fost descoperite după Black au fost numite la început „aere". Macquer a fost acela care a pus la loc de cinste cuvîntul gaz, cu sensul său modern, în lucrarea sa *Dictionaire de chimie*, publicată în 1766. — *N.A.*

care şi-a pus profund pecetea pe istoria chimiei. Teologul englez se mai ocupase de fizică şi existenţa unei fabrici de bere în vecinătatea locuinţei sale l-a îndemnat să reia studiul gazului carbonic. Priestley avea aptitudini de experimentator şi de observator, care i-au permis să descopere cu repeziciune mai multe gaze noi, folosind mijloace relativ modeste. Prin importanţa descoperirilor sale, el este unul dintre cei mai mari chimişti ai acestei epoci; dar el nu avea un adevărat spirit ştiinţific. Împins de o anumită intuiţie, el a experimentat cu îndemînare, dar oarecum la întîmplare, „pentru a vedea" care vor fi rezultatele experienţei. Priestley nu s-a ocupat decît de aere şi nu acorda nici un interes urmărilor pe care propriile sale descoperiri ar fi putut să le aibă asupra teoriei chimiei. Convins de perfecţiunea teoriei lui Stahl, Priestley a rămas un partizan de neclintit al acesteia.

Pasiunea lui pentru aere nu a durat decît vreo zece ani; deşi el continua să-şi păstreze laboratorul şi deşi urmărea cu interes transformările chimiei, opunîndu-se ideilor lui Lavoisier, Priestley nu s-a mai consacrat, după 1777, cercetărilor chimice. O altă trăsătură de caracter a lui Priestley era graba cu care voia să-şi facă cunoscute observaţiile. Din martie 1772, el le-a comunicat la Royal Society, apoi le-a publicat în şase volume, care au apărut între anii 1774 şi 1777, sub titlul *Experiments and Observations on Different Kinds of Air*.

Priestley a reluat mai întîi experienţele asupra aerului fix, efectuate înaintea lui, şi a publicat, în 1771, o mică lucrare asupra preparării sifonului. Aceste prime lucrări l-au condus la observarea efectelor gazului asupra respiraţiei şi asupra arderii şi au constituit punctul de plecare al strălucitei serii de cercetări care s-au încheiat prin descoperirea oxigenului.

Stabilind că respiraţia şi arderea nu puteau avea loc într-un aer viciat, Priestley s-a străduit să precizeze toate circumstanţele care dau naştere unui aer viciat. În 1772, el a cules, succesiv, aerul acid (acidul clorhidric gazos) şi aerul nitros (bioxidul de azot), acesta din urmă fiind obţinut prin acţiunea acidului azotic asupra cuprului sau asupra mercurului; în 1773, Priestley a cules aerul nitros deflogisticat (protoxidul de azot), stabilindu-i proprietatea de a fi comburant. El descoperă că aerul nitros, pus în prezenţa unei cantităţi măsurate de aer atmosferic, provoca o diminuare de volum, ceea ce nu se întîlnea la celelalte gaze cunoscute. Această reacţie importantă a fost folosită de atunci pentru stabilirea prezenţei oxigenului şi a dozării lui în amestecurile gazoase.

Dar existenţa oxigenului nu era încă cunoscută şi aerul atmosferic rămînea, pentru toţi, un corp simplu. Episodul acestei descoperiri este unul dintre cele mai importante din istoria chimiei şi, alături de descoperirea compoziţiei apei, unul dintre cele care au stîrnit cele mai vii discuţii asupra priorităţii. S-a discutat multă vreme, pentru a stabili cine — Priestley sau Lavoisier — a descoperit oxigenul. Lavoisier însuşi n-a contestat niciodată că confratele său englez ar avea merite din cele mai mari în această problemă; pentru a înţelege cum s-a ajuns la această descoperire, trebuie mai întîi să urmărim desfăşurarea faptelor.

PRIMELE LUCRĂRI ALE LUI LAVOISIER ASUPRA OXIDĂRII. Către 1771, Lavoisier a început să se intereseze de problema rolului aerului atmosferic în reacțiile de oxidare: arderea diamantului, apoi cea a sulfului și a fosforului. Încă de la sfîrșitul anului 1772, el ajunsese la convingerea că sulful și fosforul ard, absorbind aer. În anul următor, Lavoisier a făcut numeroase experiențe asupra calcinării metalelor — zinc, cositor, plumb — și asupra reducerii oxizilor acestora. Reluînd o problemă dezbătută de multă vreme, el a făcut-o în mod metodic, repetînd toate observațiile chimiștilor care l-au precedat și reînnoindu-le. La începutul anului 1774, Lavoisier își publică, sub titlul *Opuscules physiques et chimiques*, toate memoriile pe care le-a prezentat în fața Academiei de Științe. El știa că o parte din aerul atmosferic se fixează pe metale în timpul calcinării lor, dar el n-a reușit să culeagă și să identifice această fracțiune. Pe Lavoisier îl obseda ideea că acest aer necunoscut trebuia să fie gazul fix, despre care el credea că ar trebui să se degaje din acizii descompuși de căldură așa cum se degajă din carbonați.

EPISODUL OXIGENULUI. Acest episod a constituit prilej pentru serioase controverse printre istoricii chimiei. Desigur, oxigenul a fost produs, în mod accidental, de către numeroși chimiști, care însă i-au ignorat existența înainte ca elementul să fi fost identificat ca atare. Studiul dedicat de un grup de istorici suedezi lucrărilor lui Scheele a permis autorilor să afirme că, încă înainte de 1773, compatriotul lor preparase un gaz care mai tîrziu va fi identificat ca oxigen. Dar rezultatele lucrărilor lui Scheele nu au fost publicate decît în 1777 și nici o informație în legătură cu această problemă nu a fost difuzată prin corespondență înainte de această dată.

Lui Priestley trebuie să i se atribuie, în mod incontestabil, prima experiență, recunoscută unanim, care a dus la descoperirea și la identificarea oxigenului.

El a observat, la 1 august 1774, că oxidul de mercur, denumit precipitat *per se*, lasă să se degaje, cînd este încălzit, un aer necunoscut, care are proprietatea de a întreține și a înteți arderea. El a crezut că avea de a face cu protoxidul de azot, pe care îl cunoștea de mai puțin de un an. În cursul unei șederi la Paris, în octombrie 1774, el s-a întreținut cu Lavoisier despre lucrările sale și i-a vorbit de experiențele sale cu oxidul de mercur și cu miniu.

Se pare că chimistul francez nu a reluat imediat experiențele lui Priestley; și dacă a făcut în luna noiembrie unele experiențe cu oxid roșu de mercur, n-a tras din ele nici o concluzie. El era preocupat de redactarea unui foarte important memoriu asupra calcinării cositorului în vas închis și asupra cauzei creșterii greutății metalului, memoriu pe care l-a prezentat Academiei la 12 noiembrie 1774. Repetînd experiența efectuată de Boyle, dar mai atent decît savantul englez, Lavoisier a putut să arate că creșterea greutății se datora fixării aerului conținut în retortă și nu particulelor de foc. Lavoisier a separat astfel azotul, pe care l-a numit mofetă reziduală, și căruia s-a străduit să-i determine proprietățile chimice.

Începînd din februarie 1775, el și-a reluat experiențele cu oxidul roșu de mercur. Cei doi chimiști, englezul și francezul, au efectuat, în același timp,

aceleaşi observaţii. La 8 martie, Priestley constata că oxigenul (pe care el îl numea aer deflogisticat) întreţinea respiraţia. Această observaţie, comunicată la Royal Society la 25 mai, a fost refăcută, în mod independent, de Lavoisier, la cîteva zile după Priestley.

De fapt, subiectul era la ordinea zilei. Şi alţi chimişti se ocupau cu experienţe de acelaşi fel. În Franţa, farmacistul militar Bayen studia precipitarea oxidului de mercur din soluţiile sărurilor sale şi le descompunea cu ajutorul căldurii, fără să presupună că prepara un gaz necunoscut. În Suedia, Scheele, aproape izolat de lumea savantă, se consacra aceloraşi cercetări; el prepara oxigenul, plecînd de la oxid de mangan, la începutul anului 1775, ajungînd la aceleaşi rezultate ca Lavoisier şi Priestley.

LUCRĂRILE LUI SCHEELE DESPRE AER. Carl Wilhelm Scheele (1742—1786) era farmacist la Stockholm. El nu a dispus niciodată decît de mijloace de lucru restrînse şi a trebuit să-şi consacre cea mai mare parte a timpului profesiunii sale. O simplă întîmplare l-a pus în legătură cu Bergman; începînd din 1770, el a devenit cunoscut în cercurile ştiinţifice suedeze, dar lucrările sale nu au ajuns în alte ţări decît din 1777. El descoperise că aerul se compune din două gaze, dintre care unul „nu manifesta nici o afinitate pentru flogistic, în timp ce celălalt era destinat să-l atragă". El stabilise existenţa oxigenului, făcîndu-l să fie absorbit de sulf sau de fosfor. Determinarea proprietăţilor oxigenului era exactă, dar interpretarea pe care o dădea nu putea contribui la progresul teoriei chimice. El desemna oxigenul sub numele de „aer de foc" şi făcea din el, împreună cu flogisticul, un compus al căldurii şi al luminii. De fapt, deoarece marea sa lucrare, *Traité chimique de l'air et du feu*, n-a fost publicată în germană decît în 1777, iar în franceză n-a fost tradusă decît în 1781, el n-a putut să participe la mişcarea de idei care antrena pe atunci pe chimişti.

Aportul lui Scheele la progresele chimiei rămîne totuşi considerabil nu numai prin lucrările sale asupra oxigenului, ci şi printr-un foarte mare număr de descoperiri importante asupra cărora vom mai reveni.

INTERPRETAREA PROPRIETĂŢILOR OXIGENULUI. Istoria completă a oxigenului nu a fost desăvîrşită cu adevărat decît către 1785; dar esenţialul fusese dobîndit încă din 1775. Tot Priestley a fost primul care a stabilit rolul aerului deflogisticat în respiraţia plantelor. Expunerile sale şi cele ale lui Lavoisier conţineau descrierea aproape completă a oxigenului şi a azotului. Dar numai Lavoisier avea o idee exactă asupra naturii lor.

Într-adevăr, pentru Priestley şi pentru toţi ceilalţi chimişti din această epocă, aerul atmosferic rămînea un corp simplu. Deoarece oxigenul era obţinut prin încălzirea oxizilor de mercur sau de plumb, el nu era decît aer atmosferic, care şi-a cedat flogisticul acestor oxizi, de unde numele său de aer deflogisticat. Azotul (aerul flogisticat) era partea din aerul atmosferic care nu putea fi separată de flogistic. Se păstrau astfel concepţiile tradiţionale care apăsau astfel cu toată greutatea în balanţa interpretării altor fenomene chimice şi a naturii tuturor corpurilor noi descoperite.

Lavoisier a dat oxigenului denumirea de aer vital, iar azotului denumirea de mofetă reziduală. În 1776, el a efectuat celebra experiență în cursul căreia, provocînd absorbția oxigenului dintr-un anumit volum de aer prin încălzirea prelungită a mercurului, a pus apoi în libertate acest oxigen, descompunînd oxidul format și reconstituind aerul atmosferic.

Acest episod, în cursul căruia lucrările mai multor mari chimiști s-au succedat, concurîndu-se și completîndu-se reciproc, pune puternic în lumină semnificația cuvîntului descoperire în chimie. Aceasta se realizează în mai multe etape, pentru că nu este suficient să izolezi un corp pentru a te putea considera drept autorul descoperirii sale. El mai trebuie identificat, constatîndu-i-se proprietățile fizice și chimice, și în cele din urmă trebuie să i se stabilească natura precisă. Rareori o descoperire importantă a fost fapta unui singur savant. În ceea ce privește descoperirea oxigenului, ne putem permite să apreciem că Priestley și Lavoisier au participat în mod egal.

3. Transformarea sistemului chimic

ANTOINE-LAURENT LAVOISIER. Cu lucrările asupra compoziției aerului atmosferic, Lavoisier a intrat în faza activă a cercetărilor sale. Avea pe atunci 33 de ani, deoarece se născuse la 26 august 1743. După terminarea studiilor în drept, el a intrat în administrația Fermei generale[2], unde obținuse o participare financiară. În anul 1768, Lavoisier s-a căsătorit cu Maria-Anne Paulze, în vîrstă de treisprezece ani, fiica directorului Companiei Indiilor și fermier general. El s-a remarcat repede ca un mare administrator, dobîndind un rol din ce în ce mai important la direcția Fermei. În anul 1775, el a fost numit de Turgot administrator al pulberilor și salpetrelor, și numai datorită reformelor tehnice introduse de el în această administrație, armatele revoluționare au avut mai tîrziu la dispoziție praf de pușcă de bună calitate. El aparținea acelei părți a marii burghezii care privea cu simpatie primele transformări ale revoluției. Lavoisier a luat parte la mișcarea politică, fără să ocupe însă niciodată o funcție importantă. Partizan al monarhiei constituționale, el abandonează aproape cu totul treburile publice de îndată ce începe să se întrezărească conflictul dintre opinia publică și monarhie. Dar Lavoisier participă pînă la arestarea sa, la activitatea mai multor organisme oficiale cu caracter tehnic și științific. Arestarea și executarea sa împreună cu fermierii generali, colegii săi, în ziua de 8 mai 1794, au fost interpretate în mod diferit. Era vorba de un act revoluționar, asupra căruia calitatea sa de chimist nu putea să aibă vreo influență, nici într-un sens nici în celălalt. Pentru a înlătura unele legende care dăinuiau cu persistență, trebuie să reamintim că el nu a fost pus în situația să ceară o amînare pentru continuarea lucrărilor, și că fraza atît de des citată: „Republica nu are nevoie de savanți", atribuită președintelui tribunalului, nu a fost pronunțată.

[2] Instituție în timpul monarhiei franceze, care acorda fermierilor generali monopolul perceperii impozitelor. — *N.T.*

Activitatea științifică a lui Lavoisier s-a extins în domenii destul de variate, dar toate în legătură cu chimia. După ce s-a ocupat de geologie, se pare că a nutrit foarte de timpuriu, poate în jurul lui 1770, dorința de a face chimia să iasă din impasul în care se găsea imobilizată. El a citit tot ce fusese scris, fiind interesat mai cu seamă de primele etape ale descoperirii gazelor. Participarea aerului la unele reacții chimice i-a apărut repede ca problema cea mai importantă de rezolvat; dar, mai mult, el a presimțit că această chimie nouă care se constituia atunci — chimia gazelor — avea să producă mari răsturnări în teoria interpretării cunoștințelor. Pe unul dintre caietele sale de laborator el a scris un program de lucru inspirat dintr-o intuiție remarcabilă și dintr-o extraordinară clarviziune, întocmit probabil la 20 februarie 1773[3].

EXPERIMENTATORUL. Ceea ce îl deosebește pe Lavoisier de toți contemporanii săi, este atitudinea sa față de ideile dobîndite, în special față de teoria flogisticului, și independența de gîndire în problemele naturii. Din acest punct de vedere, el pare să fie încarnarea cea mai perfectă a cercetătorului cartezian, așa cum fusese definit de filozoful secolului al XVII-lea și așa cum, poate, încă nu fusese prezentat. Dar a nu mai admite nimic din ceea ce nu fusese dovedit prin experiență implica și postulatul că experiența trebuie făcută în asemenea condiții, încît rezultatele ei să fie indiscutabile. Or, o altă calitate a sa a fost tocmai aceea de a concepe și efectua astfel de experiențe.

Încă de la începutul carierei sale științifice din 1768, Lavoisier examinează problema transformării apei în pămînt. Se admitea, de multă vreme, și Boyle se pare că o dovedise, că o mică parte din apa încălzită mult timp într-un vas se transformă în pămînt. Lavoisier a făcut experiența și, printr-o metodă riguroasă de cîntăriri, a arătat că reziduul de pămînt provenea din vas și nu din apă. În aceeași epocă, Scheele făcea aceeași demonstrație, dar printr-o metodă chimică, regăsind prin analizarea precipitatului pămîntos componentele sticlei. De asemenea, experiențele sale asupra calcinării staniului au permis să se corecteze un alt rezultat eronat al lui Boyle, și anume, faptul că creșterea în greutate a metalului provenea din aer și nu din foc.

Atitudinea sa imparțială și metoda sa i-au permis să-și dea seama repede că nu era de loc nevoie să se facă apel la o existență ipotetică pentru a explica reacțiile chimice. Mai întîi, el s-a mulțumit să treacă sub tăcere principiul lui Stahl; faptul a fost de îndată remarcat și i-a neliniștit pe chimiștii cu vechi state de serviciu. Lavoisier a înțeles forța prejudecăților care mențineau în viață flogisticul; el a presimțit, fără îndoială, că va veni o zi cînd nu va mai fi de ajuns să-l ignoreze, ci va trebui să-l și combată. Cu toate acestea, el a

[3] Data înscrisă de Lavoisier este „20 februarie 1772", dar diferite argumente par să probeze că aici s-a făcut o greșeală de un an (cf. *H. Guerlac*, în „Journal of the History of Medicine", vol. XII, 1957). — *N.A.*

păstrat o rezervă plină de prudență pînă în momentul în care și-a consolidat propria sa convingere și a dispus de argumente decisive[4].

COMPOZIȚIA ACIZILOR ȘI TEORIA GAZELOR. Descoperirea constituenților aerului nu era încă suficientă pentru stabilirea unei teorii mai satisfăcătoare decît cea în vigoare. Rolul oxigenului în ardere și în respirație era interpretat de toți ceilalți chimiști, făcînd să intervină flogisticul. Printr-o serie de lucrări, concepute cu o logică admirabilă și efectuate între 1755 și 1777, Lavoisier a studiat compoziția acizilor. El a arătat că transformarea metalelor în varuri și transformarea metaloizilor (al căror nume generic nu era încă cunoscut) în acizi se datorau unei combinări a corpului ars cu oxigenul și că sărurile luau naștere din unirea acestor produse ale arderii. În decursul aceleiași perioade, el a început să elaboreze o teorie a gazelor pe care o va preciza în anii următori.

Această teorie făcea să intervină principiul căldurii, pe care el l-a numit caloricul. Ca și lumina și electricitatea, caloricul a fost pentru Lavoisier un element fundamental al naturii. Cînd, împreună cu Guyton de Morveau, a creat nomenclatura modernă, el le-a așezat în fruntea listei elementelor simple. După el, gazele erau constituite din corpuri asociate cu o mare cantitate de caloric. Astfel, oxigenul era „principiu *oxigin*" asociat cu caloric. Această teorie a gazelor, încă impregnată, în multe privințe, de concepțiile tradiționale, nu a împiedicat, cu toate acestea, dezvoltarea unei doctrine coerente, și, atunci cînd caracterul „substanțial" al căldurii a fost definitiv înlăturat, ea a putut să dispară, fără să pericliteze ansamblul sistemului chimic.

Noua teorie a acizilor a fost criticată, în măsura în care nu făcea apel la flogistic, iar oxigenul intervenea în calitate de element simplu. Îndoielile asupra realității flogisticului, pe care Lavoisier și le-a exprimat în mod public încă din 1777, au apărut atît de lipsite de temeinicie, încît nu păreau periculoase.

Guyton a publicat mai tîrziu o scrisoare a lui Macquer, unul dintre maeștrii cei mai respectați ai timpului, în care acesta, după ce ascultase în 1778 lectura unui memoriu al lui Lavoisier, își exprima satisfacția: „Unde am fi ajuns cu vechea noastră chimie, scria el, dacă ar fi trebuit să reclădim un edificiu cu totul diferit? Cît despre mine, vă mărturisesc, aș fi părăsit partida."

Această frază exprimă, într-un mod perfect, atitudinea chimiștilor secolului al XVIII-lea și ne permite să înțelegem natura polemicilor care aveau să aibă loc curînd. Oamenii cei mai vîrstnici respingeau cu îndîrjire noile idei; tinerii chimiști au fost cei care au făcut să triumfe doctrinele lui Lavoisier.

[4] Cu mult înainte de această epocă, M.A. Lomonosov publică lucrări ce conțineau anticipații remarcabile. Găsim în ele ideea structurii atomice a corpurilor, precum și aceea că energia cinetică se datorează agitației moleculare. Cunoscînd creșterea greutății metalelor la transformarea lor în oxizi, Lomonosov a respins, încă din anul 1756, teoria flogisticului. Din păcate, scrierile sale, publicate în limba rusă, nu au fost cunoscute de chimiștii celorlalte țări. Nu se găsește nici o mențiune despre ele în literaturile engleză, franceză și germană în timpul acela. Fără îndoială, răspîndirea ideilor sale ar fi favorizat constituirea sistemului chimic modern. — *N.A.*

NATURA APEI. Începînd din 1783, s-a încins o luptă vie în problema naturii și compoziției apei. Așa cum se întîmplase cu zece ani în urmă cu problema compoziției aerului, la ordinea zilei venea acum acest subiect. Diferite observații, datorate mai cu seamă lui Macquer, arătaseră că arderea hidrogenului provoacă formarea de picături de apă. Fuseseră întreprinse cercetări sporadice, dar ele au fost apoi abandonate. Încercînd să rezolve această problemă, Lavoisier a fost mai întîi obsedat de ideea, conformă teoriei sale, că prin ardere hidrogenul trebuia să producă un compus acid — un obstacol asemănător cu cel care îi mascase, cîtva timp, existența oxigenului.

Fizicianul englez Henry Cavendish a fost primul care a constatat, provocînd combinarea lor cu ajutorul scînteii electrice, că oxigenul și hidrogenul se uneau în proporții volumetrice determinate pentru a forma apă. Vestea acestei experiențe a ajuns la Paris în iunie 1783; Lavoisier și Laplace au refăcut-o imediat și au afirmat în aceeași zi: „Apa nu este o substanță simplă, ea este compusă din cantități egale de aer inflamabil și aer vital."

Polemica în jurul acestui subiect a fost foarte vie. La atacurile puternice ale lui Lavoisier împotriva flogisticului i s-a răspuns cu tot atîta vigoare. Într-adevăr, dacă oxigenul nu era decît aer deflogisticat, el căpăta flogistic de la hidrogen în timpul arderii, ceea ce dădea naștere apei. Aceasta putea continua să rămînă un element simplu. Cavendish s-a oprit la această explicație, care era în asentimentul tuturor, și astfel, ca și problema compoziției aerului, Lavoisier a fost încă o dată singurul care a zărit natura exactă a fenomenului. Analogia cu episodul aerului a fost completată cînd s-a aflat, în august următor, că Gaspard Monge realizase sinteza apei, în iunie, fără să cunoască lucrările lui Cavendish, Laplace și Lavoisier.

Anul 1783 a fost și cel în care frații Montgolfier au descoperit forța ascensională a aerostatelor. Fizicianul Charles s-a înălțat, purtat de un balon umplut cu hidrogen și Academia de Științe a numit o comisie însărcinată să studieze perfecționarea noilor aparate. Meusnier, împreună cu Lavoisier, au trecut la cercetarea unui procedeu mai bun de preparare a hidrogenului și astfel cei doi chimiști au studiat descompunerea apei cu ajutorul fierului încins la roșu și au pregătit una dintre cele mai frumoase experiențe din istoria științei. Această experiență a fost efectuată la 27, 28 februarie și 1 martie 1785 în laboratorul lui Lavoisier, la Arsenal, în prezența unei numeroase asistențe de savanți. Descompunînd apa cu ajutorul unui fier înroșit și culegînd hidrogenul produs, Lavoisier și Meusnier au efectuat pe loc sinteza, într-un balon prevăzut cu două ajutaje în care curentul de hidrogen era aprins cu o scînteie electrică. Măsurătorile volumelor și greutăților erau efectuate cu o precizie atît de mare, încît nu mai lăsa loc nici unei îndoieli în ceea ce privește natura și compoziția apei.

Cu toate acestea, opinia științifică a mai rezistat încă cîțiva ani. Pînă la începutul anului 1787, Lavoisier era singurul om de știință convins de valoarea doctrinei sale. Primii convertiți au fost nu chimiștii, ci matematicienii. Aceștia nu făcuseră niciodată mare caz de flogistic: ei erau mai degrabă atrași de un alt aspect al chimiei din acea epocă, afinitățile. Laplace, Cousin, Monge și Meusnier împărtășeau ideile lui Lavoisier, dar ei nu erau în stare să

le apere. Primii chimiști care s-au raliat au fost Chaptal și Fourcroy, apoi Berthollet și Guyton.

NOMENCLATURA MODERNĂ. Avocat în parlament, din Dijon, Guyton de Morveau publicase mai multe lucrări personale, care n-au lăsat urme în istoria chimiei. Meritul său major este de a fi avut, primul, ideea unei reforme radicale a nomenclaturii chimice. El a publicat un memoriu asupra acestui subiect, în care enunța principiile fundamentale pe care trebuia să se bazeze o nomenclatură sistematică; apoi, el s-a dus să lucreze pentru cîtva timp cu Lavoisier, pentru a se asigura de temeinicia doctrinei sale și pentru a-și perfecționa proiectul. Acesta este momentul în care el a adoptat noul sistem care începuse să fie numit chimia pneumatică, pentru că se baza pe proprietățile chimice ale gazelor. Nomenclatura a fost stabilită la începutul anului 1787, de Lavoisier și Guyton, cu care au colaborat Berthollet, Fourcroy, ca și matematicienii care frecventau în mod obișnuit laboratorul de la Arsenal. Prezentarea nomenclatorului la Academie, în lunile aprilie și mai, și publicarea sa în august 1787 sub titlul *Essai de nomenclature chimique* au pregătit triumful chimiei moderne. Într-adevăr, acest nomenclator dădea chimiei un limbaj care, în esență, rămîne încă și al nostru și care avea să fie cel mai bun mijloc de răspîndire a acesteia.

ULTIMELE LUCRĂRI ALE LUI LAVOISIER. Activitatea lui Lavoisier a fost întreruptă cîțiva ani după stabilirea sistemului chimic modern; se pare că în perioada respectivă el s-a consacrat în întregime acestui subiect. Natural, după ce această vastă doctrină își desenase primele contururi, Lavoisier s-a străduit să o stabilească mai ferm, să o completeze, și să o facă să triumfe. Dar ea nu era pentru el decît o etapă într-o strădanie continuă de descoperire. Orizontul său depășea cu mult un sistem al chimiei corpurilor neînsuflețite, tinzînd spre un punct de vedere complet al întregii economii a ființelor vii.

Astfel, respirația animalelor își găsise un loc în cercetările sale relative la proprietățile oxigenului: în cursul lucrărilor de calorimetrie, efectuate începînd din anul 1782 împreună cu Laplace, el a măsurat căldura produsă de respirație. După publicarea lucrării sale *Traité élémentaire de chimie* (1789), parcă eliberat de un domeniu întreg de cercetări care-l preocupau de mai mulți ani, Lavoisier s-a consacrat definitiv chimiei fiziologice. Împreună cu un tînăr chimist, Séguin, el stabilește un program de cercetări a cărui amploare era egală cu aceea a programului din 1773. Cei doi savanți s-au așternut de îndată pe lucru și au comunicat Academiei, începînd din 1790, rezultatele primelor lor cercetări; acestea se refereau la respirație, apoi la transpirație. O serie de desene făcute de doamna Lavoisier în laboratorul de la Arsenal au imortalizat aceste ședințe de lucru. În 1792, Lavoisier l-a lăsat pe Séguin să continue singur cercetările; dacă și-ar fi putut continua opera, el s-ar fi ocupat după aceea de digestie și ar fi dat, încă din acel moment, un viu impuls chimiei biologice și fiziologice.

4. Rezistența față de doctrina lui Lavoiser

Dispariția teoriei flogisticului este unul dintre evenimentele cele mai importante din istoria chimiei, istorie pe care o desparte realmente în două. Această știință se lepăda, astfel, de conceptul de principii a cărui origine coincidea cu începuturile sale, concept care se statornicise trainic în timpul perioadei medievale. Mecanica realizase o transformare asemănătoare în secolul al XVI-lea, iar fizica în secolul al XVII-lea. Urma chimia, cu o mare întîrziere, pentru că partea experimentală era aici mult mai greu de rezolvat. Protagonistul acestei reforme nu scăpa nici el cu totul influenței doctrinelor perimate. Folosirea de către acesta a caloricului arată suficient de bine cît de greu îi este și gînditorului celui mai independent să se elibereze de ideile moștenite.

Contemporanii săi au manifestat un atașament tenace față de flogistic, încarnarea cea mai perfectă a chimiei principiilor, care dădea doctrinei chimice un aspect de ceva desăvîrșit. În jurul lui 1770, părerea generală era că chimia atinsese un grad de perfecțiune la care nu era de așteptat să se mai adauge mare lucru. Astfel, refuzul de a accepta ideile lui Lavoisier nu constituia acțiunea unei generații mărginite, ci, dimpotrivă, semnul unei mari vitalități a chimiei, slujită de numeroși savanți de valoare. Teoria lui Stahl lăsase în umbră o problemă delicată, natura flogisticului; această incertitudine nu era supărătoare pentru spiritele secolului al XVII-lea. Trei sferturi de secol mai tîrziu nu mai era posibil ca savanții să se arate atît de puțin exigenți în privința acestui subiect. Astfel că s-au întreprins eforturi dintre cele mai mari pentru salvarea flogisticului ca principiu. Dificultatea principală venea de la acea faimoasă creștere a greutății metalelor în timpul calcinării lor.

FLOGISTICUL ȘI GREUTATEA. Greutatea flogisticului a făcut obiectul celor mai diverse ipoteze, în încercarea de a o face să se adapteze cerințelor experienței. Aceste interpretări nu se deosebeau cu nimic de cele formulate de chimiștii secolului precedent. Materia focului cedase locul flogisticului. În 1763, Chardenon a făcut distincția dintre greutatea specifică și greutatea absolută, presupunînd că flogisticul tinde să micșoreze pe cea de a doua, în toate corpurile cu care se unește. Mai mulți autori au reluat această teorie în forme diferite. Venel a susținut mai bine de douăzeci de ani că flogisticul avea o greutate negativă, noțiune care pare să o fi conceput în mintea lui ca o greutate mai mult decît extrem de ușoară. Flogisticul se comporta față de legea atracției invers decît celelalte corpuri. Părerile lui Venel au fost urmate de mai mulți chimiști, printre care Black și Leslie. În 1772, Guyton de Morveau atribuie flogisticului o „ușurătate" specifică, care îl făcea mai ușor decît toate celelalte corpuri; așa că, pierzîndu-și flogisticul, metalele devin mai grele, spunea el, fără să țină seama de noțiunea de densitate. În 1776, el a făcut o nouă încercare de a concilia descoperirea aerului fix cu teoria lui Stahl, introducînd confuzia de care se lovise înaintea lui Lavoisier, între gazul carbonic și oxigen. Berthollet a fost și el, în același an, autorul unei încercări de conciliere. Toți marii chimiști ai timpului au adoptat o atitudine asemănă-

toare; după fiecare atac al lui Lavoisier, Macquer, Bergman, Scheele, Priestley reintroduceau flogisticul în reacțiile dezbătute.

CAMPANIA LUI LAVOISIER ÎMPOTRIVA FLOGISTICULUI. Lavoisier a început să pună la îndoială, în mod public, existența flogisticului, începînd numai din anul 1777. El a făcut-o la început cu prudență, fără să lase niciodată impresia că ar formula, ca adversarii săi, idei ipotetice. Singur în fața interlocutorilor hotărîți să nu lase să li se știrbească poziția, el a dat dovadă de o mare abilitate în modul de a-și dezvolta argumentele, apoi de a pronunța condamnarea definitivă, în momentul în care s-a simțit sigur că nu va fi bătut pe propriul lui teren. În iunie 1785, Lavoisier citește în fața Academiei unul dintre cele mai celebre memorii ale sale, intitulat *Réflexions sur le phlogistique.*

După ce a dobîndit prima convertire a cîtorva chimiști francezi, Lavoisier a putut să dea la iveală textele care aveau să servească la răspîndirea ideilor sale; acestea au fost mai întîi *Nomenclatorul* menționat mai sus, apoi, în 1788, o altă lucrare colectivă, traducerea făcută de d-na Lavoisier, a unui volum al lui Richard Kirwan, *Essai sur le phlogistique*, fiecare capitol al acestei lucrări fiind urmat de respingerea celor susținute în el, prin texte scrise de Lavoisier sau de unul dintre prietenii săi. Această ripostă a avut efectele cele mai fericite. Flogisticul care fusese materia focului, cea a luminii, în care se văzuse negrul de fum cel mai pur, devenise, sub pana lui Kirwan, hidrogenul însuși. Dar, în urma citirii contraargumentelor opuse dezvoltării sale, Richard Kirwan s-a raliat la teoria pneumatică; el i-a determinat și pe compatrioții săi să împărtășească această convingere care, cu excepția lui Priestley, au adoptat destul de repede toate principiile noi. Cît privește pe Cavendish, acesta a admis că fenomenele noi erau tot atît de bine explicate de o teorie ca și de cealaltă.

În ianuarie 1789, Lavoisier publică lucrarea sa *Traité élémentaire de chimie*, care s-a bucurat repede de un mare succes. Reeditată imediat, tradusă în mai multe limbi, cartea, care se deosebea total de tot ceea ce fusese scris timp de două secole, a permis tinerilor chimiști să învețe direct noua chimie.

REZISTENȚA ÎN FRANȚA ȘI ÎN GERMANIA. Dar rezistența chimiștilor mai vîrstnici încă nu slăbise. În Franța, Macquer murise fără să vadă triumfînd această doctrină de care se temea atît de mult, și căreia, fără îndoială, i s-ar fi raliat. Oamenii din generația sa ca Baumé, Sage, au rămas intransigenți. De La Méttrie, redactorul revistei „Observations sur la physique", singura publicație lunară care se ocupa pe larg de științe era un flogistician înverșunat. De aceea Lavoisier, împreună cu prietenii săi au înființat, în 1789, revista „Annales de chimie" pentru a dispune de o publicație favorabilă ideilor lor.

Atacurile cele mai vii au venit din partea lui Lamarck, care a publicat, în 1796, *Réfutation de la théorie pneumatique*. El opunea acesteia o teorie piroțică, în care declara că oxigenul era o entitate a rațiunii și, reluînd pagină cu pagină *Filozofia chimică* a lui Fourcroy, el își plasa obiecțiile în fața fiecărui paragraf.

În această epocă, rezistenţa faţă de teoria lui Lavoisier era încă destul de vie în Germania. Numeroase sugestii formulate în Franţa şi în Anglia pentru salvarea flogisticului de la pieire erau reluate în această ţară de diferiţi autori. Flogisticul continua să fie privit drept principiul căldurii, al luminii, al electricităţii, fie luate în parte, fie combinate. Erau create şi apărate cu înfocare entităţi noi, înrudite de aproape cu principiul condamnat. Ideea lui Kirwan a fost reluată de Wiegleb; Westrumb, Richter, Gren şi mulţi alţii au imaginat numeroase compromisuri sau au afirmat zădărnicia absolută a noilor principii.

După ce S.F. Hermbstädt a tradus în germană tratatul lui Lavoisier, noul sistem a cîştigat însă repede teren. Ca şi în Franţa, numai chimiştii mai în vîrstă, Wiegleb, Creel, Gmelin, au persistat în eroarea lor.

Dar, spiritul vechii chimii a cunoscut încă vreo cîteva reînvieri. Flogisticul era în agonie, nemaigăsind apărători decît în Priestley sau Lamarck, cînd un chimist din Pesta, Winterl, a imaginat o nouă substanţă universală, pe care a numit-o *andronia*. Această idee, popularizată, în anul 1803, de Oersted, într-o carte redactată în franceză, a raliat puţini partizani şi a dispărut aproape de îndată ce a fost formulată.

De asemenea, în 1803, în momentul descoperirii halogenilor, chimistul olandez van Mons a enunţat o teorie în care hidrogenul dobîndea din nou personalitatea neliniştitoare a unui principiu de combustie; timp de cîţiva ani, ideile lui van Mons au reţinut atenţia chimiştilor francezi. Pe de altă parte, Davy a fost tentat să-i atribuie azotului un rol asemănător. Această perioadă de confuzie, datorată numărului considerabil de fapte noi acumulate într-un timp scurt, a durat puţin. Principiul după care toţi acizii sînt compuşi ai oxigenului a trebuit să fie abandonat, dar această reformă nu a atins cu nimic sistemul pe baza căruia chimia îşi luase deja avînt.

B. CERCETĂRILE ASUPRA AFINITĂŢILOR ŞI ORIGINILE TEORIEI ATOMICE

1. Tabelele de afinităţi

Cu mult înainte de a deveni obiect de studii speciale, noţiunea de afinitate fusese implicit admisă de chimişti. Guyton de Morveau a găsit termenul într-o lucrare a medicului german Conrad Barchusen, *Pyrosophia sive elementa chemiae* (Leiden, 1698). În realitate, ideea este mult mai veche şi termenul de asemenea. Deşi nu i s-a consacrat nici un studiu special înainte de secolul al XVIII-lea, ea este exprimată în toate lucrările de chimie, într-un mod mai mult sau mai puţin confuz. Unirea corpurilor între ele, descompunerea, schimburile, precipitările, volatilizările rezultau din anumite tendinţe mai mult sau mai puţin pronunţate, mai mult sau mai puţin violente, care se exercitau între diferitele componente ale materiei.

Natura acestor tendințe nu fusese niciodată discutată. Înainte de perioada carteziană, opinia generală le considera drept simpatii sau predispoziții, care făceau ca două corpuri puse alături să se unească, stabilind între ele o legătură trainică. Eliminarea unuia dintre constituenții unui compus în favoarea unui al treilea corp se producea dacă acesta prezenta o amiciție sau o simpatie pentru al doilea dintre constituenți, mai puternică decît cea care provocase prima reacție.

Aceste noțiuni erau folosite în limbajul chimiștilor nu atît pentru a explica, cît pentru a descrie fenomenele cu ajutorul unor imagini familiare. În realitate, aceste imagini traduceau bine o anumită interpretare a faptelor. Diferența de grad sau de tărie între tendința unui corp sau a altuia permiteau să se explice, de exemplu, de ce anumite metale nu erau atacate de acizi, în timp ce altele erau dezvoltate cu ușurință.

Încă din 1648, Glauber stabilise o ordine de afinitate a diferitelor metale cu mercurul. Era vorba de ușurința de a forma amalgame, care mergea descrescînd de la aur la fier, trecînd prin argint și bronz.

Cartezienii au înlăturat aceste predispoziții afective și au încercat să nu considere decît forma și structura materiei; dar, dacă izbuteau să explice pătrunderea unui corp în altul, ei nu puteau găsi nici o rațiune acestei acțiuni. De aceea, ideea unei afinități care ar fi cauza acțiunilor chimice nu a fost niciodată complet abandonată; unii s-au abținut să o invoce în mod explicit, dar ea a rămas subînțeleasă în oricare interpretare a actului chimic.

AFINITATEA ȘI FIZICA NEWTONIANĂ. Fizica newtoniană trebuia să-i dea consistență cu atît mai ușor cu cît concepțiile asupra structurii materiei evoluaseră în cursul secolului al XVII-lea. Existența corpusculelor ultime era în general admisă de chimiști; în orice caz, ea nu pare să fi provocat discuții.

Newton a consacrat problemei atracției dintre particulele lumii microscopice capitolul „Query 31" din lucrarea sa *Opticks*. El admite că aceste particule sînt supuse efectului atracției, și, pentru a explica de ce anumite reacții chimice sînt mai violente decît altele, admite că și forța de atracție variază în intensitate, după corpurile între care se exercită. Particulele acide sînt atrase violent de particulele metalice; în afară de aceasta, substituirea unui metal cu altul, într-o soluție salină, arată că particulele acide sînt mai puternic atrase de fier decît de cupru, și mai puternic atrase de cupru decît de argint. Dizolvarea unei sări în apă este efectul forței de respingere care se exercită între particulele de sare și cele de apă. Cristalizarea și capilaritatea erau și ele provocate, după Newton, tot de atracție.

Ideile lui Newton impuneau chimiștilor o concepție corpusculară a materiei, care era deja admisă de filozofi și fizicieni. Chimiștii nu avuseseră încă niciodată prilejul să se pronunțe asupra ei, pentru că ea nu intervenea în chimia principiilor. Newton le propunea un raționament irefutabil: uzura corpurilor nu se poate face decît prin fracționarea în particule indivizibile. Acestea din urmă sînt dure și nu pot fi fracționate; într-adevăr, nu se cunoștea o apă „uzată", compusă din particule vechi, care să fie diferită de apa obișnuită: „Prin urmare, pentru ca natura să fie durabilă, alterarea substanțelor

corporale nu trebuie să constea decît din diferite separări, noi asamblări și mișcări ale acestor particule permanente".

Dar gravitația nu a fost bine primită de cartezieni care vedeau în ea reînvierea calităților de simpatie condamnate de ei; de aceea, primele lucrări referitoare la afinitate au fost foarte criticate, mai cu seamă în Franța.

TABELUL DE AFINITĂȚI AL LUI GEOFFROY. Primul chimist care a vorbit de afinitate ca despre niște raporturi constante ce se exercită între corpuri și care a întocmit un tabel al acestor raporturi a fost Geoffroy cel Mare care, prin relațiile sale strînse cu Sir Hans Sloane, a fost pus la curent cu opera lui Newton. Tabelul lui Geoffroy, prezentat la Academia de Științe la 2 august 1718, a fost tipărit în 1719. În această primă comunicare, Geoffroy vorbea numai despre raporturi; termenul de afinitate nu este folosit de el decît în 1720.

Principiul acestui tabel consta în a orîndui corpurile simple cunoscute, precum și bazele, și acizii, pe coloane verticale, corpurile fiind dispuse în fiecare coloană în ordinea în care se substituie reciproc în soluțiile lor. Semnele folosite sînt simbolurile tradiționale moștenite de la alchimiști; căzute în desuetitudine, ele recapătă astfel o nouă tinerețe. Prima coloană rezumă substituirea bazelor din sărurile lor, unele de către altele. În partea de sus a acestei coloane este plasat semnul acizilor în general și, dedesubt, succesiv, semnul alcaliilor fixe (soda sau potasa), al alcaliilor volatile (amoniacul), al pămîntului absorbant (calciu-magneziu), și, în sfîrșit, simbolul substanțelor metalice în general. Această coloană arată că substanțele metalice sînt precipitate din soluțiile lor saline de către calciu, acesta este precipitat de amoniac, care este el însuși substituit de sodă și de potasă. Greșeala lui Geoffroy apare încă de la acest prim exemplu. Departe de a fi precipitat de amoniac, calciul este cel care îl substituie pe acesta. Celelalte coloane sînt consacrate succesiv fiecăruia dintre cei trei acizi cunoscuți, apoi fiecăruia dintre cele trei baze și, în cele din urmă, metalelor.

Erorile din tabelul lui Geoffroy nu au scăpat chimiștilor timpului, care i-au făcut imediat critica. Dar acest tabel avea avantajul de a da o privire sintetică, de ansamblu, a reacțiilor chimice, cu excepția cîtorva erori și lacune. Pentru savanții experimentați, el prezenta un anumit interes și Geoffroy avea să aibă numeroși continuatori.

Pentru aceasta a trebuit însă să se aștepte ca ideea de afinitate să fie admisă. Progresele fizicii newtoniene au contribuit mult în această direcție; dar nici cele ale chimiei lui Stahl nu au rămas străine acestei evoluții. Aceste două moduri de gîndire care solicitau pe atunci lumea savantă nu erau incompatibile, deși cea de a doua părea să o ignoreze pe prima. De altfel, teoriile lui Stahl acordau o oarecare importanță ideii de afinitate[5].

[5] În legătură cu acest subiect, Guyton de Morveau se exprimă astfel: „El (Stahl) a făcut un prim și foarte important pas, atunci cînd a văzut în amestecuri diferitele substanțe care conferă proprietatea de a dizolva acești *latus* care puteau să atace un corp sau altul, ca să mă servesc de expresia lui, pe care noi am împrumutat-o de multă vreme ca atare, fără să îndrăznim s-o traducem". — *N.A.*

TRATATUL DE „MENSTRE" AL LUI BOERHAAVE. În prima jumătate a secolului al XVIII-lea, autorul care a acordat cea mai mare încredere noțiunii de afinitate a fost Hermann Boerhaave. Celebrul medic din Leiden a tratat această problemă în tratatul *De menstruis*, partea a doua din lucrarea sa *Elementa chemiae*, apărută în 1732.

„Nu trebuie — scrie el explicînd acțiunea «menstrelor», adică a dizolvanților — să recurgem aici la acțiuni mecanice, sau la propulsii violente, sau la vreo antipatie naturală, ci mai degrabă la un fel de prietenie, dacă se poate da acest nume unei tendințe de unire."

El folosește termenul de afinitate și o descrie ca pe o forță sau o virtute atractivă. Efervescența, șuierătura sau zgomotul care sînt observate în unele reacții provin din faptul că toate părțile dizolvantului trebuie să se unească cu toate părțile corpului dizolvant. Modul său de exprimare era împrumutat de la Newton, care fără nici o îndoială l-a influențat. El era de părere că particulele dizolvate rămîneau în suspensie omogenă în dizolvantul lor, în pofida diferenței de greutate, pentru că între ele se exercita o forță mecanică și universală.

„Această proprietate, zice el, face ca elementele unuia (dintre corpuri) să fie atrase de cele ale celuilalt și să fie separate, prin aceasta, din masa pe care o compun. După această separare, ele se unesc împreună și formează o infinitate de noi feluri de corpuri".

Astfel, vedem apărînd, în problema dublei descompuneri, embrionul unei idei care va fi exprimată clar mai tîrziu de Berthollet.

PROGRESELE IDEII DE AFINITATE. În perioada în care a scris medicul olandez au început să fie publicate și alte tabele de afinități, cei care s-au consacrat acestor lucrări fiind mai cu seamă autorii germani. Guyton le-a relatat foarte exact în articolul său *Afinitate*, din primul volum de *Chimie* (1786) din *Enciclopédie méthodique*. Din ce în ce mai perfecționate, aceste tabele, în număr de circa douăzeci, nu prezintă mari diferențe între ele. Corpurile erau poate mai bine aranjate; flogisticul își avea locul lui. Dar toate prezentau greșeala principală care i-a fost reproșată lui Geoffroy; ele se întemeiau pe principiul că reacțiile se produc întotdeauna în același sens, oricare ar fi condițiile în care au loc. Bergman a încununat această idee prin cercetări îndelungate asupra cărora vom reveni; Berthollet avea să se consacre nimicirii ei.

Discuțiile asupra existenței însăși a afinităților au continuat pînă către anul 1780. Opoziția față de această noțiune este bine reprezentată de articolul *Chimie* din *Enciclopedie*. Autorul, Venel, nu admitea în chimie decît două mari principii: raporturile și căldura. Prin raporturi, el înțelegea acțiunile reciproce care se exercită între corpusculele elementare ale materiei, dar se ferea să se gîndească că ele ar fi efectul ciocnirilor, al presiunii sau al atracției. Acțiunile dintre corpuscule, afirma el, depind de calități proprii corpusculelor, cum ar fi omogenitatea și eterogenitatea. Acestea nu trebuie asimilate cu

atracțiile dintre mase, care au loc în funcție de viteza, de gravitația, de consistența și de aspectele lor respective. Stabilind această distincție între corpuscul și masă, Venel voia să traseze limita dintre chimie și mecanica newtoniană.

Cu toate acestea nu a ezitat să se servească el însuși de termenul de afinitate.

„Ei (chimiștii) ar fi încîntați dacă s-ar putea convinge că mecanismul efervescenței și al fermentației constă în acțiunea reciprocă a anumitor corpuscule solide și elastice care se îndreaptă cu putere unele spre altele, care ricoșează proporțional cu cantitatea lor de mișcare și cu elasticitatea lor, care se ciocnesc din nou pentru a ricoșa din nou etc. Dar această explicație, pe cît de ingenioasă pe atît de arbitrară, este desmințită de faptele care fac să se vadă limpede că mișcarea de efervescență și aceea de fermentație sînt datorate degajării unui corp subtil și expansibil, guvernate de legile generale ale afinității, adică de un principiu foarte puțin mecanic."

MATEMATICIENII ȘI BUFFON. Matematicienii acceptaseră fără reticențe noțiunea de afinitate, pe care o socoteau mult mai importantă pentru dezvoltarea viitoare a chimiei decît teoria flogisticului. Această tendință apare clar în articolele din *Enciclopedie* redactate de d'Alembert.

În jurul anului 1745, Clairaut lansase ideea că legea pătratului distanțelor nu se aplică atracțiilor dintre corpuscule. Pentru fenomenele de acest ordin urmau să fie descoperite legi particulare. Ipoteza lui a fost combătută de Buffon, care a făcut o expunere de ansamblu în lucrarea sa *Secondes vues de la Nature* (1765). El declara nu numai că aceeași lege trebuia să se aplice tuturor fenomenelor de atracție, fie că este vorba de gravitația universală sau de interacțiunile dintre corpusculele care constituie materia, ci, mai mult, și că legea generală ar putea servi la calcularea formei, pînă atunci nebănuită, a acestor corpuscule.

Scrierile lui Buffon, foarte citite, au dat un nou gir afinităților, al căror principiu nu a mai prilejuit nici o critică. Dar problema s-a complicat cu repeziciune. Aproape toți chimiștii de la sfîrșitul secolului al XVIII-lea s-au ocupat de afinități. Însuși Lavoisier, care era pe atunci absorbit de alte probleme, a fost de părere că numai afinitățile ar permite introducerea în chimie a preciziei matematice, care caracterizează întreaga știință; în ceea ce-l privește pe el, Lavoisier s-a limitat să întocmească o ordine a afinităților diferitelor corpuri față de oxigen. S-a început să se distingă mai multe feluri de afinități, unele care explicau fenomenele fizice, cum ar fi coeziunea, aderența cristalizarea, altele care explicau reacțiile chimice. Dar între cele două categorii de fenomene domnea încă cea mai mare confuzie, după cum o arată primele încercări ale lui Guyton de Morveau, făcute în 1772, pentru a atribui afinităților valori numerice care se referă în realitate la aderența dintre suprafețele metalice și mercur.

BERGMAN ȘI ATRACȚIILE ELECTIVE. În sfîrșit, s-a cercetat dacă nu exista o afinitate specială pentru fiecare tip de reacție. Baumé a fost, se pare, primul care, în 1773, a făcut deosebirea dintre reacțiile pe cale uscată și reacțiile pe

cale umedă. Bergman, care vorbea de atracție electivă și nu de afinitate, considera că există o atracție electivă simplă și una dublă, aceasta din urmă aplicîndu-se reacțiilor cu descompunere dublă, introduse astfel, pentru prima oară, în problema afinităților.

Cercetările lui Bergman asupra acestui subiect, continuate timp de aproape zece ani, au fost întreprinse cu grija meticuloasă și cu îndemînarea care îl caracterizau pe marele chimist suedez. Ansamblul rezultatelor sale a fost publicat în lucrarea sa *Traité des affinités chimiques ou attractions électives*.

Bergman lucra în felul următor: el lua mai multe corpuri pe care le desemna prin *a*, *b*, *c*, *d* și pe care le clasifica în raport cu un corp *A;* de exemplu, alcaliul, baritul, varul și magneziul în raport cu acidul sulfuric. El opera cu soluții și observa, pe rînd, rezultatul acțiunii primelor trei corpuri *a*, *b*, *c* asupra compusului *Ad*, format din al patrulea *d* și din *A*. El proceda apoi în același fel cu *Ac*, *Ab*, *Aa*. Dacă, pus în prezența lui *c*, compusul obținut plecînd de la *d*, este transformat în *Ac*, Bergman trage concluzia că *A* prezintă o afinitate mai mare pentru *c* decît pentru *d*. Și așa mai departe...

Tabelul întocmit de Bergman cu ajutorul acestei metode cuprindea 59 de coloane. În afară de acest număr de coloane, la care încă nu se ajunsese pînă atunci, ea nu prezenta decît puține inovații. Una dintre coloane era consacrată afinităților aerului vital (oxigenului). Bergman ținuse seama de diferența dintre reacțiile pe cale umedă și cele pe cale uscată; și unele și altele erau grupate în două tabele distincte. El a întocmit, de asemenea, și un tabel de afinități duble, care cuprindea 64 de coloane.

Cu tot principiul său de a considera reacțiile ca fiind complete și constante, chimistul suedez a admis și unele derogări. El recunoaște că intensitatea focului poate perturba ordinea substituirilor. El a luat în considerare și cazul în care erau prezente trei corpuri. În fine, el a reluat un procedeu de reprezentare schematică a reacțiilor, imaginat de englezul Elliot, în 1782.

Schemele erau constituite din patru acolade dispuse în așa fel, încît formau o figură cu patru laturi; corpurile puse în reacție erau reprezentate cu ajutorul simbolurilor tradiționale și erau dispuse pe una sau cealaltă din cele patru laturi, compușii lor fiind prezentați grupați, apoi separat, pentru a da o imagine a fenomenelor de descompunere dublă.

Acest procedeu a fost puțin folosit, dar este interesant de relevat această preocupare de a găsi pentru reacția chimică o reprezentare scrisă care avea să capete, peste douăzeci de ani, o importanță mult mai mare. În epoca lui Bergman, Lavoisier a folosit și el ecuații chimice. În momentul reformei nomenclaturii, doi tineri chimiști, Adet și Hassenfratz, au imaginat o nouă notație simbolică, în acord cu sistemul modern de nomenclatură. Dar nici această notație nu a fost niciodată folosită.

2. De la afinităţi la teoria atomică

Elliot folosise sistemul său de scheme cu acolade pentru a reprezenta o evaluare numerică a forţelor de afinitate. Această evaluare empirică îi permitea să prevadă sensul reacţiei, atunci cînd erau amestecate două soluţii saline.

El aprecia că forţele de afinitate erau egale cu 9 între potasă şi acidul sulfuric, cu 2 între oxidul de argint şi acidul azotic, cu 8 între acidul azotic şi potasă şi cu 4 între acidul sulfuric şi oxidul de argint. Dacă într-o soluţie de sulfat de potasiu se varsă o soluţie de nitrat de argint, deoarece suma afinităţilor lor, 9 + 2, este mai mică decît suma afinităţilor nitratului de potasiu şi a sulfatului de argint, 8 + 4, trebuiau să se formeze numai cele două săruri din urmă.

ÎNDEPĂRTAREA DE LA CERCETĂRILE ASUPRA AFINITĂŢILOR. În timpul ultimilor douăzeci de ani ai secolului, mai mulţi chimişti s-au ocupat, cu multă perseverenţă, de problema afinităţilor; Kirwan în Scoţia, Baumé, Guyton şi Fourcroy în Franţa, Wenzel şi Richter în Germania au încercat să stabilească legile de care ascultă, în mod evident, aceste fenomene. Discuţiile au fost lungi şi destul de confuze; numărul afinităţilor creştea cu fiecare autor. Reţinem numai un fapt de importanţă capitală pentru istoria chimiei.

Urmînd calea trasată de Elliot, aproape toţi chimiştii se străduiau să caracterizeze prin cifre forţele de afinitate. Fără această tendinţă nouă, întreg ansamblul cercetărilor asupra afinităţii desfăşurate în cursul secolului al XVIII-lea ar fi rămas fără rezultat. Într-adevăr, descurajaţi, fără îndoială, de insuccesul eforturilor lor, informaţi mai temeinic prin memoriile lui Berthollet despre complexitatea acestui subiect sau atraşi de noi obiective, chimiştii au încetat brusc să se mai ocupe de această problemă. Din acest foc de paie nu a mai rămas nici măcar un pic de fum. Pentru o clipă s-a părut că electrochimia ar fi putut da problemei un alt aspect, dar acesta nu a durat. Dacă de acum înainte era admisă existenţa forţelor de afinitate, nu s-a mai făcut totuşi nici o încercare, de-a lungul întregului secol al XIX-lea, pentru a le identifica.

Aceste lungi strădanii nu au fost totuşi infructuoase. Ele au făcut să se nască nevoia de a se introduce numărul în expresia reacţiei chimice. Scopul acestor tentative a fost, mai întîi, de a măsura, dacă nu valoarea absolută a forţelor de afinitate, cel puţin valoarea lor relativă. Dar, foarte repede, el a fost transformat în cel de a evalua proporţiile ponderale (în greutate), în care se unesc elementele pentru a constitui numiţi compuşi.

Pînă atunci chimia rămăsese, în esenţă, calitativă. Dacă Lavoisier şi-a stabilit sistemul său, făcînd măsurători riguroase, acestea aveau ca scop unic să determine numărul de elemente din care este format un compus sau să demonstreze că un anumit element era un corp simplu şi nu unul compus. Toate măsurătorile lui Lavoisier tindeau să elimine din chimie principiile imponderabile care obsedau teoriile de zece secole; ele făceau abstracţie, poate numai momentan, de toate ipotezele asupra constituţiei materiei şi asupra rapoartelor ponderale dintre ele.

Necesitatea de a introduce numărul în notaţia chimică s-a impus exact în epoca în care opera lui Lavoisier îşi atingea apogeul.

TĂRIA ACIZILOR. În 1775, Bergman a stabilit cantităţile de acid sulfuric, azotic, clorhidric şi carbonic care se unesc cu soda şi cu potasa. Dar, deşi aceste corpuri erau bine cunoscute, nu se cunoştea încă nici un procedeu de a determina, în mod riguros, conţinutul în acid sau în bază al fiecăruia. Toate evaluările rămîneau deci aproximaţii inutilizabile pentru a stabili un tablou general al rapoartelor ponderale. Dificultatea consta în alegerea unui corp etalon, care să servească drept punct de plecare pentru întregul sistem. Dacă se ştia încă de multă vreme să se facă distincţie între un acid tare şi unul slab, nu s-a ştiut niciodată ce cantitate de acid conţine o soluţie acidă determinată. Baumé stabilise, în mod empiric, în 1768, faimosul său areometru cu greutate constantă, al cărui succes a dat o scară unică de densimetrie. Dar nu era încă vorba decît de compararea diferitelor soluţii între ele, nu de măsurarea concentraţiilor absolute.

Kirwan a avut meritul de a fi descoperit o primă cale. Memoriul lui Priestley din 1772 asupra acidului clorhidric i-a sugerat ideea folosirii gazului acid pentru a prepara o soluţie etalon. El a început prin a satura o cantitate determinată de apă cu acid clorhidric, măsurînd volumul de gaz absorbit şi determinînd creşterea în greutate a apei saturate. Apoi el a stabilit corespondenţa dintre densităţile diferitelor soluţii de acid şi conţinutul lor în acid real. În sfîrşit, el a efectuat dozări de carbonaţi alcalini, cu ajutorul unei soluţii etalon cunoscute. Kirwan a putut astfel să treacă la dozarea soluţiilor celorlalţi acizi, folosindu-se de o soluţie alcalină etalon. El a fost primul care, între anii 1782 şi 1792, a stabilit compoziţia ponderală a cîtorva săruri.

În aceeaşi perioadă, Karl Friederich Wenzel (1740—1793) a făcut şi el cercetări pentru a evalua tăria acizilor. Pentru aceasta el a observat atacarea metalelor de acizi într-un timp determinat; după pierderea în greutate a unor cilindri metalici identici cufundaţi în diferiţi acizi timp de o oră, el putea clasifica acizii după afinitatea lor pentru metalul respectiv. Fourcroy, care a făcut şi el, mai tîrziu, măsurători de afinităţi, şi-a bazat lucrările pe un principiu diferit. El era de părere că afinitatea se măsoară nu prin formarea unui compus, ci prin uşurinţa cu care acesta se descompune.

El dădea ca exemplu azotatul de mercur, obţinut prin dizolvarea uşoară a mercurului de către acidul azotic; judecînd după această reacţie, afinitatea acestor două corpuri ar fi trebuit să fie puternică. Dar dacă se ţinea seamă că azotatul se descompune uşor prin încălzire, trebuia să se admită că această afinitate era mult mai mică decît cea a metalului faţă de acidul clorhidric, fiindcă clorura de mercur încălzită se sublimează, dar nu se descompune.

DESCOMPUNEREA DUBLĂ ŞI PROPORŢIILE PONDERALE. Prima parte a lucrărilor lui Wenzel a avut puţine consecinţe. Dar Wenzel s-a interesat şi de reacţiile de descompunere dublă şi a constatat că un amestec de soluţii de săruri neutre dă o soluţie neutră, chiar dacă una dintre săruri precipită. El a tras concluzia că partea de bază care neutralizează acidul unei sări neutralizează şi acidul celei de a doua sări.

De exemplu, dacă se lucrează cu azotat de bariu și cu sulfat de sodiu, se observă că soda neutralizează exact partea de acid azotic care era unită cu baritul și, invers, baritul neutralizează cantitatea de acid sulfuric unită cu soda. Cantități determinate de sodă și de barit pot deci să neutralizeze aceeași cantitate de acid azotic sau aceeași cantitate de acid sulfuric.

Concluziile lui Wenzel, bazate pe numeroasele analize efectuate cu îndemînare deosebită, au fost publicate în scrierile sale *Lehre von der Verwandschaft der Körper* (Dresda, 1777).

Această carte a fost citită și comentată pe larg de Guyton de Morveau, mai cu seamă în articolul *Afinitate* din *l'Encyclopédie méthodique*. Dar nu aceste ultime rezultate reținuseră atenția chimistului din Dijon. Teoria proporțiilor definite a trecut cu atît mai neobservată, cu cît Wenzel însuși nu s-a gîndit, fără îndoială, că a descoperit o lege importantă și că, în comentariile sale obscure, el lăsa să se înțeleagă că substituirile nu s-ar face în toate cazurile în cantități proporționale și că se poate întîmpla ca unul dintre constituenți să rămînă în exces în soluție în prezența celuilalt, ceea ce este contrar realității. Din contra, Guyton compară rezultatele lui Wenzel privitoare la viteza de reacție cu cele ale lui Kirwan și Bergman. Chimistul suedez legase tăria acizilor de cantitatea din fiecare, necesară pentru a satura o sută de părți de bază; chimistul scoțian considerase că acizii sînt cu atît mai tari cu cît o cantitate determinată din fiecare necesită mai multă bază pentru a fi saturată. Aceste trei metode conduseseră la tabele de compoziții ale unui mare număr de săruri, pe care Guyton le-a comparat îndelung, fără alt rezultat decît să constate diferențele dintre ele.

Confuzia tuturor acestor cercetări și a comentariilor abundente care le-a însoțit ne face să înțelegem importanța obstacolelor de care se izbeau cei mai buni analiști ai timpului. De fiecare dată cînd în fața lor se contura o problemă nouă, primii chimiști care încercau să o studieze păreau să bată pasul pe loc, fără să progreseze. În realitate, modificînd încetul cu încetul aspectul problemei, ei se apropiau de metodele eficace, fără ca ei înșiși să-și dea seama.

După această serie de lucrări, urmează cele ale unui alt mineralog german, J.B. Richter (1762—1807). Richter nu s-a ocupat cu măsurarea forțelor de afinitate, ci a căutat să stabilească relațiile numerice în compozițiile diferitelor corpuri. Pentru aceasta, el a reluat fenomenele de precipitare, care reținuseră atenția lui Wenzel. Regăsind aceleași rezultate și descoperind altele noi, el stabilește, într-un mod mult mai precis decît Wenzel, faptul că după o descompunere dublă, mediul rămîne neutru, ceea ce a dat mai multă generalitate noțiunii de proporții definite, care guvernează unirea bazelor cu acizii. În afară de aceasta, el a stabilit o scară de proporționalitate între diferitele baze care se unesc cu un același acid și o alta între cantitățile de diferiți acizi care se unesc cu o aceeași bază. El a constatat că, în primul caz, creșterea se făcea în progresie aritmetică, iar în cel de al doilea caz în progresie geometrică.

Rezultatele lui Richter nu erau întotdeauna exacte și comentatorii săi au relevat faptul că el a trebuit să le potrivească pentru a-și susține ideile. Acest fapt a discreditat în oarecare măsură lucrările sale. N-a mai rămas mult ca din

constatările sale să rezulte principiul proporțiilor multiple. El a expus, într-adevăr, o teorie a „elementelor determinante" și a „elementelor determinate" potrivit căreia masele unei serii de elemente determinate față de un element determinant (de exemplu, o serie de baze față de un acid) sînt în aceleași raporte ca masele unei alte serii de aceleași elemente determinate față de un al doilea element determinant (aceeași serie de baze în raport cu un al doilea acid).

PRIMELE LEGI DE PROPORȚIONALITATE. Acest principiu permitea calcularea unor echivalenți ai bazelor și ai acizilor, care vor constitui un sistem coordonat. Este ceea ce au făcut Wollaston în Anglia și G.F. Fischer în Germania.

Scrierile lui Richter constituie o lungă serie, publicată începînd din 1792, sub titlul *Abhandlung über die neuern Gegenstände der Chymie*. Ele nu au fost prea mult citite din cauza caracterului lor confuz și pentru că Richter, deși admitea teoria oxigenului a lui Lavoisier, continua să facă loc și flogisticului. Scrierile sale au fost însă comentate de G.E. Fischer, care a tradus în 1802, în germană, memoriile lui Berthollet asupra staticii chimice. După Würtz, Berthollet avusese cunoștință de lucrările lui Richter din publicația lui Fischer. Cît despre Dalton, acesta nu le-a cunoscut înainte de luna septembrie 1803.

La sfîrșitul secolului al XVIII-lea, aceste două noțiuni fundamentale, cea a proporțiilor definite și cea a proporțiilor multiple, erau deci cunoscute și admise. Dar, ele nu aveau să fie luate realmente în considerare decît zece sau cincisprezece ani mai tîrziu și nu au fost adoptate, ca legi fundamentale, decît către sfîrșitul secolului al XIX-lea. Este curios că repetarea unor aceleași circumstanțe a fost întîrziată de răspîndirea acestor noțiuni. Scrierile lui Wenzel, apoi cele ale lui Richter erau foarte greu de citit din cauza caracterului lor confuz; de aceea, puțini au fost contemporanii care le-au studiat cu atenție. Puțin mai tîrziu, *Berthollet* a fost, fără îndoială, chimistul cel mai capabil să le înțeleagă; el a admis rezultatele pe care acestea le conțineau, deși polemica sa cu Proust lasă impresia că le condamna. Dar, la rîndul ei, și lucrarea *Statique chimique* (1803) a lui Berthollet i-a descurajat pe cititori; scrisă într-un stil greoi și complicat, acesta expunea idei prea înaintate pentru timpul lor, pentru a reține atenția chimiștilor de la începutul secolului al XIX-lea.

DESCOPERIRILE DE LA SFÎRȘITUL SECOLULUI AL XVIII-LEA. Secolul al XVIII-lea se încheia într-o efervescență de idei care lăsa să se prevadă o mare înnoire, însă fără ca vreunul din protagoniști să-și poată imagina ce pecete va pune ea pe chimie. Constituirea chimiei gazelor ca și cercetările asupra afinității imprimaseră evoluției chimiei un ritm care avea să crească continuu cu atît mai mult cu cît și catalogul corpurilor cunoscute creștea fără încetare.

Într-adevăr, pe lîngă marile descoperiri pe care le-am mai menționat, mai apăruseră încă multe altele. Cea mai mare parte dintre ele se datorează strălucitei școli suedeze al lui Bergman și a elevilor acestuia. Lunga și celebra serie de descoperiri ale lui Scheele se întinde din 1767 pînă în 1786, anul morții sale. Lui Scheele i se datorește prepararea oxigenului și cea a clorului, plecînd de la oxidul de mangan, numit pînă atunci magnezie neagră, descoperi-

rea barităului (1774), a acizilor molibdenic (1778) şi tungstic (1781). Aceste descoperiri au dus la descoperirea manganului de către un elev al lui Bergman, J.G. Gahn, a molibdenului, de către suedezul Hielm şi a tungstenul, de către Juan José de Elhùyar. Scheele a separat şi un mare număr de compuşi organici; cel mai important dintre aceştia este glicerina (1783), apoi seria de acizi organici: tartric (1769), formic (1774), uric (1776) — pe care Bergman l-a descoperit în acelaşi timp cu el — lactic şi mucic (1780), citric, oxalic (1784), malic (1785), galic (1786). În 1782, Scheele descoperă oxidul benzoic şi găseşte o metodă de preparare a eterului acetic pe care Lauraguais îl preparase încă din 1759. În 1777, un alt suedez, Arvidson, a descoperit eterul formic.

Cam prin aceeaşi epocă au fost cunoscute două hidrocarburi: metanul, pe care Volta l-a extras din gazul de baltă, în 1778, şi pe care Berthollet l-a studiat în 1785, şi etilena, care a fost descoperită în 1796, de patru chimişti olandezi, Bondt, Deiman, Van Troostwyk şi Lauwerenburg. Aceştia i-au dat numele de gaz uleios, deoarece au observat că, pus în prezenţa clorului şi expus la lumina solară, el dădea un lichid uleios (clorura de etiliden). Acest lichid a fost mult timp denumit „licoarea olandezilor".

SPRE TEORIA LUI DALTON. Aceste ultime descoperiri au avut la acea dată o importanţă deosebită, pentru că ele i-au sugerat, desigur în parte, unele reflecţii lui Dalton care l-au condus mai tîrziu la elaborarea sistemului său de atomi chimici. Problema va fi reluată în amănunt în volumul III al prezentei lucrări. Pentru a încheia acest capitol, este de ajuns să constatăm că teoria lui Dalton a venit exact la timp. Ea fusese pregătită de toate marile răsturnări care veniseră să reînnoiască climatul în care se dezvolta chimia, şi, mai precis, de evoluţia cercetărilor referitoare la măsurarea afinităţilor chimice. În aparenţă, infructuoase, aceste cercetări au avut, în realitate, urmări profunde, încă din primii ani ai socolului al XIX-lea. Chiar ideea unui sistem atomic fusese formulată încă din 1789 de chimistul irlandez Higgins, în lucrarea sa. *A Comparative View of the Phlogistic and Antiphlogistic Theories*. După el, toate corpurile sînt constituite din atomi de greutăţi egale care se unesc în proporţii foarte simple pentru a constitui diferiţi compuşi. Higgins a văzut foarte clar, de exemplu, că oxizii aceluiaşi element diferă între ei prin numărul de atomi de oxigen fixaţi de elementul respectiv; dar, atribuind tuturor atomilor greutăţi egale, el ajungea la rezultate neconcordante cu fapte bine stabilite în acea epocă. Adusă poate din condei, ipoteza lui Higgins nu a reţinut atenţia nimănui, nici chiar a autorului ei. Cincisprezece ani mai tîrziu, ambianţa ştiinţifică era diferită şi ipoteza lui Dalton a impresionat toate minţile chiar şi pe cele care o respingeau.

Cartea a treia
ŞTIINŢELE NATURII

CAPITOLUL I
Marile probleme ale biologiei

A. CLASIFICAREA ŞI DESCRIEREA LUMII VII

PRECURSORII. Ideea de a pune ordine în aparenta îngrămădire haotică a formelor vii s-a înfiripat încă de timpuriu în mintea naturaliştilor. Se pare că J.P. de Tournefort (1656-1708) a fost primul care a încercat să stabilească un sistem natural de clasificare, cu alte cuvinte un sistem întemeiat pe credinţa în „existenţa speciilor, a genurilor şi a claselor ca realităţi obiective" (J.F. Leroy)[1]. Aproape în acelaşi timp, John Ray, în monumentala sa lucrare *Historia plantarum generalis* (1686-1704), şi-a propus şi el să împartă plantele în mod raţional şi, mai cu seamă, să precizeze noţiunea de specie în raport cu o origine identică.

OPERA LUI LINNÉ. Opera lui Tournefort şi a lui Ray a fost continuată şi dezvoltată de Linné, care a propus pentru clasificarea plantelor un „sistem sexual" întemeiat pe criteriul staminelor. Utilizarea acestui sistem avea să se arate foarte comodă pentru determinarea speciilor, dar, neluînd în considerare decît un singur caracter al florii, el constituia un sistem într-adevăr *artificial* şi, din acest punct de vedere, reprezenta un regres în raport cu încercările precedente[2]. De altfel, Linné îi şi recunoştea acest caracter, fără să uite că scopul naturalistului este de a stabili sisteme *naturale*, capabile să exprime adevăratele afinităţi ale fiinţelor. Astfel, el s-a străduit să schiţeze în regnul vegetal aşa-zisele *ordines naturales* şi să aplice în zoologie spiritul său taxonomic, pentru a clasifica animalele în mod atît de „natural" pe cît era posibil în epoca aceea, folosindu-se nu numai de trăsăturile exterioare, dar şi de anatomia internă şi, mai cu seamă, de conformaţia inimii, a organelor de respiraţie şi de reproducere.

Unul dintre marile merite ale lui Linné a fost de a introduce în istoria naturală clasificarea *binară*, denumită astfel pentru că ea desemnează fiecare specie vie printr-un termen dublu: un substantiv care indică genul individului şi un adjectiv care indică specia. Genul serveşte denumirii tuturor speciilor care formează un grup natural, de exemplu, genul *Felis* cuprinde diferite

[1] A se vedea în legătură cu acest subiect, studiul lui A. DAVY DE VIRVILLE şi J.F. LEROY (menţionat mai sus la pp. 419-420).

[2] Opera lui Linné va fi studiată mai departe (pp. 683-685).

specii: *Felis domesticus* (pisica), *Felis catus* (pisica sălbatică), *Felis leo* (leul) *Felis pardus* (pantera), *Felis tigris* (tigrul).

Această nomenclatură simplificatoare și unificatoare este în vigoare și în zilele noastre, ceea ce dovedește cel puțin extrema comoditate și marea ei valoare practică. Ea a dat un fir călăuzitor, precis și sigur, care avea să permită naturaliștilor să-și continuie metodic munca de aranjare și de ierarhizare a ființelor vii.

În pofida imensului său merit, opera lineană este totuși puțin cam prea rigidă și formalistă. Ea avea să fie mlădiată și nuanțată de către urmașii acestuia: Bernard de Jussieu, Antoine-Laurent de Jussieu și mai cu seamă de Michel Adanson, care a făcut să progreseze simțitor metodele naturale de clasificare, subliniind importanța noțiunii de familie, pusă în valoare de Pierre Magnol încă din 1689.

BUFFON, ADVERSARUL LUI LINNÉ. Cel mai renumit con'emporan al lui Linné a fost Georges-Louis Leclerc de Buffon (1707-1788). Inițial fizician și matematician, Buffon a fost numit în 1739 intendent la Jardin du Roi. Începînd din acest an, el s-a consacrat în întregime redactării lucrării *Istoria naturală*, ale cărei prime volume au apărut în 1749. Zoolog, geolog, mineralog, filozof al biologiei, Buffon a fost și un mare scriitor. Lucrările sale cele mai de seamă sînt: *Théorie de la Terre* (1749), *Epoques de la Nature* (1778), *Histoire des Quatrupèdes* (12 vol. 1755-1767), *Histoire des oiseaux* (9 vol. 1770-1783) *Histoire naturelle de l'Homme* (1749). În toată opera sa de zoolog, Buffon a susținut idei și metode opuse celor lineene. Persistînd nomenclatura binară care situa măgarul în același gen cu calul *(Equus)*, el considera că este „... mai simplu, mai natural și mai adevărat" să spună că un măgar este un măgar, decît să vrea, fără să știe pentru ce, ca un măgar să fie un cal[3]:

„Nu e mai bine ca un cal care e soliped să fie urmat de un cîine care e fisiped și care într-adevăr are obiceiul să-l urmeze, decît de o zebră care ne este puțin cunoscută și care nu are, poate, altă legătură cu calul decît aceea de fi soliped?" *(Histoire naturelle, t. I)*.

În lucrările sale ulterioare, și mai cu seamă în frumoasa sa *Histoire des oiseaux*, Buffon nu putea proceda altfel decît să admită clasificarea metodică și să țină seama de afinitățile structurale mai mult decît de „raporturile de utilitate și de familiaritate". Dar el a continuat să gîndească sau cel puțin să declare că „genurile, clasele, ordinele nu există decît în imaginația noastră", și că „în natură nu se găsesc decît indivizi".

[3] După cum relatează Flourens, Buffon trebuie să-l fi urît mult pe Linné pentru a găsi că a procedat rău cînd a plasat calul alături de zebră. Cît despre Linné, el scria unui prieten: „Aștept cu nerăbdare noile volume ale domnului de Buffon. În problema metodei naturale, el începe cu calul și cîinele. Aceasta mi-e de ajuns: am văzut ce știe în teorie, aștept să văd ce poate în practică". — *N.A.*

BUFFON ȘI DESCRIEREA LUMII ANIMALE. În ciuda părtinirilor, a încăpățînărilor și a unor greșeli grosolane, care rezultă poate din faptul că, așa cum a subliniat Flourens, el este la începuturile sale mai mult matematician decît naturalist, Buffon a făcut o descriere admirabilă a formelor animale. Foarte deosebit de Linné, căutînd într-o mai mică măsură să caracterizeze prin amănunt decît să anime totul, mai dotat pentru frescă decît pentru miniatură, excelînd prin sinteză mai mult decît prin analiză, sacrificînd cîteodată exactitatea scrupuloasă efectului de stil, fără să merite totuși numele de „mare frazeolog" pe care i l-a dat d'Alembert, el a făcut un imens serviciu zoologiei nu numai prin descrierile sale minunate sub aspect stilistic care aveau să atragă un mare public monden spre științele vieții, dar mai cu seamă prin punctele de vedere noi pe care le-a introdus în studiul animalelor.

Pentru fiecare animal pe care îl cercetează, Buffon adună toate datele relative la ceea ce denumim astăzi „biologia" speciei: ritm de creștere, vîrsta maturității sexuale a masculului și femelei, durata gestației, numărul puilor de la o naștere, vîrsta la care încetează fecunditatea pentru fiecare sex în parte, proporția sexelor, aptitudinile spre hibridare, variabilitatea rasială, anomalii, îngrijirile materne, obiceiurile, instinctele, vocea etc.

Buffon încearcă să stabilească legături între fecunditate și mărime, între starea de domesticire și fecunditate, între hibriditate și proporția sexuală și, ca un mare erudit, nu se mulțumește numai cu compilarea și interpretarea lucrărilor altora, ci își adaugă propriile sale observații și experiențe personale. Departe de a fi un „naturalist de cabinet", un „savant monden", cum ni-l înfățișează unele legende, Buffon trăiește în contact cu natura; la Montbard, el a amenajat voliere de observație, gropi în care cresc urși și lei; el încearcă să facă încrucișări între cîine și lup, între iepurele sălbatic și iepurele de casă, între țap și oaie, căci își dă seama de importanța pe care o au asemenea încercări pentru clarificarea noțiunii de specie.

FILOZOFIA ZOOLOGICĂ A LUI BUFFON. Unele dintre ideile pe care le exprimă Buffon echivalează, cum spune Cuvier, cu „adevărate descoperiri". El a subliniat cu tărie unitatea planului de organizare în natură, fiind unul dintre primii care a vorbit despre „specii pierdute", despre acele animale care au existat altădată și care astăzi nu mai există. De asemenea, el a accentuat deosebirea dintre faunele vechiului și noului continent (A.L. Jussieu semnalase în prealabil această diferență în ceea ce privește regnul vegetal), atrăgînd astfel atenția asupra împărțirii geografice a indivizilor. În sfîrșit, Buffon nu a fost numai naturalistul animalelor, ci și unul dintre primii naturaliști ai omului, pe care l-a situat pe scara animală cînd a scris despre urangutan că poate fi considerat ca prima dintre maimuțe sau ca „ultimul dintre oameni, întrucît, cu excepția sufletului nu îi lipsește nimic din ceea ce avem noi, și pentru că se deosebește mai puțin de om decît de celelalte animale cărora li s-a dat același nume de maimuță "(*Nomenclatura maimuțelor)*.

Din punct de vedere filozofic, Buffon se situează cel mai adesea pe poziții panteiste; el atribuie naturii întreaga forță și respinge „minunile" acelora care,

ca şi Réaumur, îşi imaginau că există un Dumnezeu „foarte preocupat de felul în care trebuie să se îndoaie aripa unui cărăbuş".

OPERA LUI DAUBENTON. Principalul colaborator al lui Buffon a fost Louis Daubenton (1716-1800), a cărui dexteritate şi adîncă cunoaştere pe tărîmul anatomiei a dat o bază solidă operei întreprinse de către Buffon: el este cel care face toate disecţiile, care prepară piesele, le studiază şi le aranjează în colecţii private la Jardin du Roi, transformat ulterior într-un vast muzeu public.

Daubenton a fost unul dintre creatorii anatomiei descriptive a animalelor superioare; la o vîrstă destul de înaintată, el s-a dedicat cercetărilor de zootehnie, cu scopul de a ameliora rasele de ovine prin selecţie[4].

B. PROBLEMA FORMĂRII SPECIILOR

EPOCA FIXISMULUI. Începînd cu Ray, şi mai cu seamă cu Linné, tinde să se impună o anumită concepţie *fixistă*, care vedea în fiecare specie o entitate imuabilă.

„Niciodată, spunea Ray, o specie nu se naşte din sămînţa unei alte specii", iar Linné, în lucrarea sa *Fundamenta botanica* (1736), declară că natura conţine atîtea specii cîte au fost create la origine.

Acest fixism avea să domnească în biologie mai mult de un secol, aducîndu-i servicii de nepreţuit prin înlocuirea transformismului naiv şi grosolan al epocilor dinainte. Aşa cum bine spune Leroy, „... departe de a stînjeni progresul ştiinţei, el va corespunde unei necesităţi presante de cunoaştere şi, înainte de orice, necesităţii unor principii de referinţă în faţa confuziei formale"

Să nu uităm că înaintea lui Linné şi a lui Ray au existat numeroşi naturalişti care admiteau că o specie poate da naştere oricărei sau aproape oricărei alte specii. Chiar şi în secolul al XVIII-lea, chirurgul englez Saint-André mai putea crede că o femeie ar fi născut un iepure, iar un destoinic micrograf, ca Needham, va susţine că un mucegai se poate transforma într-un animal...

EXCEPŢIILE. APARIŢIA UNUI TRANSFORMISM PARŢIAL. Dar oricît de întemeiat ar fi fost, în ansamblu, fixismul în ceea ce priveşte formele naturii actuale, el a provocat totuşi cîteva dificultăţi reale, căci, chiar în interiorul unei aceleiaşi specii, observatori atenţi înregistrau variaţii care li se păreau inexplicabile.

Iată de ce chiar şi marii teoreticieni ai fixismului au crezut că trebuie să facă loc unor excepţii. Cu totul întîmplător, credea Ray, se putea produce o „degenerescenţă" a speciei în stare, de exemplu, de a face ca o varză să rezulte

[4] Celelalte aspecte ale zoologiei sînt studiate, mai jos, de către domnişoara A. Tétry (pp. 672—680.)

din transformarea unei conopide, sau ca o *Primula pratensis inodora* să provină dintr-o *Primula veris major*.

Cît despre Linné, care atribuia înțelepciunii suverane a Atotputernicului deosebirile reale „serioase" dintre plante, el era de părere că natura poate totuși produce unele diferențe accesorii, tot felul de monstruozități pe cale de dispariție, în timp ce speciile originale vor dăinui mereu.

Începînd din 1742, după ce un student i-a arătat o inariță pe care nu o putea determina *(Peloria)*, Linné va fi și mai convins de variabilitatea speciilor. El nu va respinge concluzia „stupefiantă" că speciile noi pot apărea în regnul vegetal fie prin variație bruscă, fie prin jocul hibridizării, ceea ce, într-o oarecare măsură, va răsturna însești bazele botanicii, coborînd „barierele naturale".

„Toate speciile sînt oare fiicele timpului? Sau Creatorul ar fi limitat, la originea lumii, această dezvoltare la un număr determinat de specii? Nu voi îndrăzni să mă pronunț cu certitudine asupra acestui subiect."

După cum vedem, maestrul fixismului în biologie se dovedea deja, în unele privințe, transformist îndrăzneț.

Cu cîteva decenii mai înainte (1715-1716), botanistul J. Marchant descoperise în grădina sa două specii de *Mercurialis* pe care nu le cunoaștea, și care se deosebeau de specia tipică prin dispoziția dantelurii frunzelor; cum aceste plante nou apărute și-au menținut constante toate caracterele, Marchant nu s-a îndoit că a asistat la nașterea unor forme noi, crezîndu-se dator să propună următoarea ipoteză:

„Făcînd această observație, este cazul să credem că Atotputernicia a creat inițial plante sub forma unor indivizi-model pentru fiecare gen, constituiți din toate structurile și caracterele imaginabile, și că aceste modele sau șefi ai fiecărui gen, perpetuîndu-se, ar fi produs, în cele din umă, varietăți, dintre care acelea care au rămas constante și permanente au constituit specii, care, la rîndul lor, de-a lungul vremii și în același mod, au generat alte forme diferite, care au îmbogățit atît de mult sub aspect botanic anumite genuri, încît se cunosc astăzi cîteva genuri care cuprind fiecare cîte o sută cincizeci și chiar mai mult de două sute de specii distincte și constante de plante" (*Observații asupra naturii plantelor, Hist. de l'Ac. roy. des Sciences*, 1719).

Marchant adopta deci și el un fel de transformism parțial, limitat la descendența unui aceluiași gen.

O părere destul de asemănătoare va fi regăsită la un botanist amator de mare valoare, Duchesne, care a văzut născîndu-se un nou fel de fragă *(Fragaria monophylla)* plecînd de la o fragă obișnuită *(Fragaria vesca)*. Era oare, într-adevăr, vorba de o specie nouă? În cazul acesta, cîte varietăți sînt în celelalte genuri care pot fi luate drept specii? În orice caz, el este de părere că toate speciile de fragă cunoscute provin din același butuc de origine. Duchesne merge pînă la a face o schiță, în lucrarea sa *Histoire naturelle des Fraisiers* (1766), reprezentînd geneza acestor specii. Totodată el remarcă că „... ordinea

genealogică este singura pe care o indică natura, singura care poate să satisfacă pe deplin mintea; oricare altă ordine este arbitrară și goală de conținut".

Pe de altă parte, Adanson *(Histoire des familles des plantes*, 1763) se pronunța cu fermitate împotriva fixității absolute a speciei; el susținea că ar cunoaște opt factori susceptibili de a genera specii noi, dintre care trei mai cu seamă"... se puteau ușor remarca și erau bine verificați de către botaniștii bătrîni, obișnuiți să vadă bine". După el, aceste schimbări, mai mult sau mai puțin durabile, proveneau din acțiunea condițiilor exterioare: cultură, climat etc.

TRANSFORMISMUL LIMITAT AL LUI BUFFON. Marele Buffon pare să se fi alăturat acestei concepții a variabilității limitate — intrafamilială. Spiritul său îndrăzneț s-a preocupat de mai multe ori de problema înrudirii dintre specii „...una dintre tainele profunde ale naturii pe care omul nu o va putea pătrunde decît cu ajutorul experiențelor pe cît de lungi și de dificile, pe atît de repetate".

Buffon vedea cu claritate dificultatea rezolvării acestei probleme și necesitatea de a se recurge, pentru a o lămuri, la o experimentare metodică în care hibridarea să dețină un loc de frunte:

„Cum s-ar putea cunoaște gradul de rudenie altfel decît prin rezultatele împreunării de mii de ori încercată a animalelor de specii diferite?... La ce depărtare de om vom așeza marile maimuțe care îi seamănă atît de perfect prin conformația corpului? Toate speciile de animale au fost altădată ceea ce sînt astăzi? Numărul lor nu a crescut sau, mai bine zis, nu a scăzut? Speciile mai slabe nu au fost distruse de către cele mai puternice sau de tirania omului?... Ce raporturi am putea stabili între această înrudire dintre specii și o altă înrudire mai cunoscută, care este aceea a diferitelor rase din aceeași specie?" *(Des mulets)*.

În faimosul său capitol despre *degenerarea animalelor*, Buffon și-a expus în modul cel mai clar părerile sale transformiste. El a studiat acțiunea modificatoare a mediului, acesta fiind reprezentat mai cu seamă de *climă*, care alterează forma exterioară, de *hrană*, care afectează forma interioară și, în sfîrșit, de *domesticirea* acelor specii de animale pe care omul le-a redus la servitute.

Ca exemplu de astfel de efecte, Buffon citează variațiile în talia animalului, în culoarea și calitatea pieilor, în desimea blănii, în mărimea coarnelor, în glas și chiar în formarea cocoașelor și a calozităților la cămilă. El ajunge să-și pună întrebarea dacă speciile înseși nu se schimbă și să se preocupe de explicarea „acestei degenerări mai vechi și din toate timpurile, care pare să se fi produs în fiecare familie sau în fiecare dintre genurile în care sînt cuprinse speciile învecinate și puțin diferite între ele".

După ce a comparat între ele, din acest punct de vedere, toate animalele patrupede și le-a raportat pe fiecare genului său, Buffon a ajuns la concluzia că cele 200 de specii despre care a discutat ar putea, în definitiv, „... să se

reducă la un număr destul de mic de familii sau trunchiuri principale, din care nu este imposibil să fi ieșit toate celelalte".

Astfel, el a redus, pe de o parte, la *15 genuri și 9 specii izolate* nu numai animalele comune celor două continente, dar și pe toate acelea care sînt specifice vechiului continent, iar pe de altă parte, a restrîns la *10 genuri și 4 specii izolate* animalele caracteristice Lumii Noi, în total *38 de tipuri originale.*

Totodată, Buffon consideră că unele genuri și specii proprii Lumii Noi au raporturi îndepărtate cu speciile vechiului continent, care par să indice „... ceva comun în formarea lor" (tapirul se aseamănă cu elefantul, pecari, porcul sălbatic din America, cu porcul obișnuit, lama cu cămila, jaguarul și ozelotul cu pantera, sconcsul cu dihorul etc.), ceea ce ne face să reducem poate și mai mult numărul tipurilor originale..."

Mai mult chiar, într-o pagină citată adesea (capitolul *Despre măgar*), Buffon a examinat, în legătură cu o lucrare a lui Baumann (*alias* Maupertuis), ipoteza transformismului generalizat, adică ipoteza după care animalele ar deriva dintr-un strămoș unic.

Măgarul și calul, se întreabă el, sînt din aceeași familie, așa cum vor nomenclatorii? Dacă lucrurile stau într-adevăr așa, nu s-ar putea spune oare că omul și maimuța au și ei o origine comună? Și, ținînd seama de conformismul esențial al naturii, care se menține de la om pînă la mamifere, de la mamifere pînă la păsări, de la păsări pînă la reptile, de la reptile pînă la pești, nu putem considera că toate animalele „... fac parte din aceeași familie" și să presupunem că „...toate provin din același animal, care, cu trecerea timpului, a produs, perfecționîndu-se și degenerînd, toate rasele celorlalte animale... Puterea naturii ar fi deci nelimitată și nu ar fi greșit să se presupună că, dintr-un singur individ, ea a știut să tragă, cu timpul, toate celelalte ființe organizate".

Dar Buffon respinge de îndată această concluzie, o dată cu premisele ei: măgarul este într-adevăr un măgar și nu un cal degenerat.

Cum ar trebui interpretată această trecere de la o idee la alta?

Pentru E. Guyenot nu există nici o îndoială: „Buffon își dă pe față adevărata părere cînd își expune teza transformismului generalizat, și, dacă pare că o respinge cu desăvîrșire, aceasta reprezintă o simplă ironizare, pentru a scăpa de tracasările bisericii...

Sentimentul meu, mărturisesc, este cu totul altul: eu sînt de părere că în clipa în care Buffon scria aceste rînduri, el nu-și elaborase încă transformismul său restrîns și că era mult mai preocupat de a-i ataca pe nomenclatori, decît de a insinua prin fraudă o opinie subversivă."

TRANSFORMISMUL INTEGRAL AL LUI MAUPERTUIS. Dacă ajungînd la ipoteza evoluționistă, naturaliștii rămăseseră în fond destul de timizi, în schimb un *transformism integral* este exprimat direct de către geometrul filozof Maupertuis în lucrarea sa *Essai sur la formation des corps organisés* (1754).

După Maupertuis, geneza se înfăptuiește cu ajutorul „moleculelor seminale" venind de la unul sau de la celălalt dintre părinți. Cînd aceste molecule se combină cum trebuie, copilul seamănă cu părinții, dar cîteodată se întîmplă ca ele să se combine într-un mod neregulat și atunci apare o ființă singulară, anormală:

„Nu s-ar putea explica altfel cum numai din doi indivizi a putut să rezulte înmulțirea speciilor celor mai diferite. Ele nu și-ar fi datorat apariția decît unor produse întîmplătoare, în care părțile elementare și-ar fi reținut ordinea pe care o dețineau în animalele tată și mamă: fiecare treaptă de eroare ar fi dat naștere unei noi specii și, datorită abaterilor repetate, ar fi apărut diversitatea infinită a animalelor pe care o vedem astăzi, și care va crește poate și mai mult cu timpul sau, dimpotrivă, succesiunea secolelor nu-i va produce decît creșteri imperceptibile."

Trebuie să menționăm că, în acest text de importanță capitală, Maupertuis examinează, pentru a explica formarea speciilor noi, ideea unei *variații întîmplătoare* foarte asemănătoare cu „mutația" biologilor moderni. Această idee apăruse încă în lucrarea *Vénus physique* (1745) a aceluiași autor:

„Cei cărora industria se străduiește să le satisfacă gustul pentru curiozități sînt, ca să spunem așa, creatori de specii noi. Noi vedem apărînd rase de cîini, de porumbei, de canari, care înainte nu existau în natură. Aceștia nu erau la început decît indivizi accidentali; arta și generațiile repetate au făcut din ei specii."

În legătură cu „sexdigitismul", pe care l-a studiat personal ca autentic genetician, Maupertuis spune în lucrarea sa *Lettres*:

„Aș dori într-adevăr să cred că aceste degete supranumerare nu sînt la originea lor decît varietăți accidentale... dar aceste varietăți, o dată confirmate la un număr suficient de generații în care s-au găsit la ambele sexe, creează specii și deci s-ar putea ca astfel să se fi înmulțit toate speciile" *(Scrisoarea a XVII-a)*.

PRECURSORII TRANSFORMISMULUI SPECULATIV: BENOIST DE MAILLET ȘI J.B. CH. ROBINET. Aproape în același timp în care Maupertuis își dezvolta remarcabilele sale intuiții, un filozof, Benoist de Maillet (1658-1738), în lucrarea sa *Telliamed* (tipărită încă din 1735, dar publicată numai în 1748), propunea un fel de transformism miraculos, despre care ne-am putea îndoi dacă și el însuși îl lua în serios.

Plecînd de la credința potopului, care i se părea întemeiată prin existența „corpurilor petrificate" din munți (scoici sau pești fosili), Maillet își imaginează că primele specii apărute din germeni originali erau toate marine, care mai tîrziu au dat naștere, prin transformări bruște, la tot felul de specii terestre, inclusiv omului.

Dacă asemenea transformări nu s-ar realiza în fiecare zi sub ochii noștri, prefacerea unei omizi în fluture ar fi mai ușor de conceput decît aceea a unui pește în pasăre? Înotătoarele s-au despicat, radiile lor devenind pene; pielea s-a acoperit cu puf; înotătoarele ventrale s-au preschimbat în picioare;

corpul a căpătat altă formă, gîtul și ciocul s-au alungit și iată metamorfoza realității... Tot astfel au luat naștere, din strămoși marini, urșii, elefanții și omul.

Aceste transformări subite au trebuit să fie însoțite probabil de o foarte mare mortalitate, dar „... chiar dacă o sută de milioane ar fi pierit fără să se adapteze, e de ajuns să fi rezistat numai două dintre ele, pentru a fi putut da naștere speciei".

Printre precursorii transformismului speculativ mai citățm pe Jean-Baptiste-Charles Robinet (1735-1820), care vedea în principiul continuității un „... nou mod de contemplare a naturii". Pentru el, toți indivizii care nu formează decît un singur regn, în „lanț neîntrerupt", au ca punct de plecare „prototipul" nesfîrșit de variat, și ale căror aspecte progresive răspund unei predominanțe crescînde a forței asupra materiei. Omul reprezintă extremitatea superioară a acestui lanț, limita și scopul strădaniei naturale:

„Fiecare variație a prototipului este un fel de studiu al formei umane pecare o gîndea natura... Văd natura lucrînd, înaintînd pe bîjbîite către această Ființă minunată care-i încununează opera... Cu cît există mai multe variații intermediare de la prototip la om, cu atît văd mai multe încercări ale naturii care, tinzînd la perfecțiune, nu putea totuși să ajungă la ea decît prin această succesiune nenumărată de schițe" *(De la nature*, 1766).

ZOONOMIA LUI ERASMUS DARWIN. *Zoonomia* (1794) lui Erasmus Darwin (1731—1802), bunicul lui Charles Darwin, este cu mult mai importantă decît alte lucrări, pentru că ea conține o teorie destul de completă despre perfecționarea treptată a regnului animal.

După Erasmus Darwin, toate formele de viață organică provin dintr-un filament organic primordial, căruia marea cauză inițială i-a dat putința de a dobîndi părți noi, aptitudini noi, „... și astfel să continue să se perfecționeze prin propria sa activitate inerentă, și să transmită aceste perfecționări, din generație în generație, posterității secole de-a rîndul".

Schimbările progresive se datoresc unor cauze exterioare foarte diferite: climă, regim, boli, domesticire, eforturi ,dorințe, hibridare, imaginație parentală etc.

Rîtul îi folosește porcului să scurme pămîntul; trompa elefantului, care este o prelungire a nasului, îi permite să atragă către el toate crengile pentru a se putea hrăni și sorbi apa fără a-și îndoi genunchii etc. Or, toate aceste organe au putut fi dobîndite treptat, ca urmare a eforturilor neîntrerupte pe care le fac animalele pentru a-și căuta hrana, transmițîndu-se urmașilor lor într-o formă din ce în ce mai apropiată de scopul urmărit.

Aici se recunoaște ideea „lamarckiană" a nevoilor creatoare de organe. Dar *Zoonomia* conține și germenele unor noțiuni „darviniste": coloratia protectoare, selecția sexuală etc.

Astfel, vorbind despre pintenii păsărilor, Erasmus Darwin scrie:

„Este neîndoielnic că aceste arme nu le-au fost date pentru a se apăra împotriva altor dușmani decît aceea din propria lor specie, căci femelele nu au asemenea pin-

teni. Scopul pe care se pare că şi l-a propus natura stabilind acest conflict între masculi este ca animalul cel mai puternic şi cel mai activ să fie folosit pentru perpetuarea speciei, care, prin acest mijloc, trebuie să se perfecţioneze."

Spre sfîrşitul secolului al XVIII-lea, transformismul este deja destul de puternic constituit. El se sprijină, pe de o parte, pe observaţiile pozitive ale specialiştilor istoriei naturale, care, constatînd variabilitatea speciilor, îşi pun întrebarea pînă unde ar putea să meargă aceste schimbări, iar pe de altă parte, pe speculaţiile filozofilor care, pe măsură ce se emancipează de sub tutela teologică, simt din ce în ce mai mult nevoia de a înlocui doctrina creării independente a speciilor printr-o explicaţie raţională a lumii vii.

C. PROBLEMA PROCREĂRII

MOŞTENIREA SECOLULUI AL XVII-LEA. DISCUŢIILE DINTRE PREFORMIŞTI ŞI EPIGENETIŞTI. Marea noutate pe care o aduce secolul al XVII-lea în legătură cu problema procreării era noţiunea de *preexistenţă a germenilor*, căreia i se raliase o întreagă şcoală, de la Swammerdam şi mai cu seamă de la Malpighi încoace.

Se presupunea că viitoarea fiinţă exista anticipată, în miniatură, într-un germen imperceptibil, care, pentru a-i da naştere, nu avea altceva de făcut decît să crească, să se dezvolte.

Această teorie suprima, pur şi simplu, problema formării individului; după cum afirmă unul dintre „preformişti", ceea ce se numea generaţie nu era una, ci numai începutul unei evoluţii care aduce încetul cu încetul la lumina zilei părţi care mai înainte fuseseră invizibile.

De altfel, partizanii germenilor preexistenţi erau împărţiţi în două sisteme opuse: unul care aşeza germenele în oul produs de femelă (acesta era sistemul *ovist*); celălalt, care-l punea în animalculul seminal al masculului (acesta era sistemul *spermatist sau animalculist*).

Mai mult, doctrina germenilor era de multe ori asociată cu teza fantastică a *încutierii*, după care germenele — femelă sau mascul, după caz — conţine un făt care, la rîndul său, dacă aparţinea sexului producător de germeni, conţine alţi germeni, iar aceştia, la rîndul lor, conţineau şi ei alţii, şi aşa mai departe, pînă la infinit, sau cam aşa ceva...

Susţinătorii ipotezei preformiste continuau să creadă şi în „diseminare", teorie ciudată, după care germenii se răspîndesc peste tot, aşteptînd, pentru a se putea dezvolta, să pătrundă într-o femelă sau într-un mascul care îi vor găzdui.

Toate aceste teorii erau atît de extraordinare, încît mulţi savanţi respingeau o idee care ducea la asemenea concluzii; ei o mai respingeau şi pentru că, admiţînd un germen *unic* (fie matern, fie patern), le era foarte greu să explice faptele, binecunoscute, de asemănare bilaterală. Astfel, negînd orice

preexistență a germenilor, ei rămîneau credincioși tezei vechi a germenului parental dublu.

Dar chiar și această teză antrena după sine dificultăți foarte mari, fiindcă excludea rolul oului, ca și al animalculului seminal. Totodată, ea trebuia să explice cum, plecînd de la două licori amorfe, poate să se dezvolte organismul atît de complex al fătului.

Opoziția dintre preformiști și *epigenetiști* (astfel erau denumiți partizanii formării treptate a embrionului) a jucat un rol important în istoria biologiei. Și, așa cum se întîmplă adeseori în astfel de polemici, și unii și ceilalți se bazau pe o parte de adevăr. Epigenetiștii aveau, desigur, dreptate să critice ideea naivă a preformării, dar nici preformiștii nu erau mai prejos cînd afirmau necesitatea ca la începutul dezvoltării să existe un obiect bine înzestrat cu organe.

Lumină nu a început să se facă decît o dată cu apariția, în secolul al XIX-lea, a noțiunii de *celulă*, adică a ideii unui germen *prevăzut cu organe, dar lipsit de orice asemănare cu ființa în devenire.*

DESCOPERIREA PARTENOGENEZEI. Ipoteza germenilor și-a găsit unul dintre cei mai străluciți și fervenți apărători în persoana naturalistului și filozofului elvețian Charles Bonnet (1720—1793), discipol al lui Réaumur.

Bonnet devenise celebru în lumea naturalistă de la vîrsta de douăzeci de ani, prin descoperirea partogenezei păduchelui de frunze, pe care o bănuise Leeuwenhoek și pe care Réaumur încercase zadarnic să o demonstreze.

Un păduche de frunză crescut într-o izolare totală chiar din momentul nașterii a avut 95 de descendenți, la formarea cărora nu contribuise nici un mascul. Această descoperire, anunțată de Réaumur la Academia de Științe în 1740, a produs senzație, făcînd din păduchele de frunze „o ființă importantă în fizică" (Haller). Pe de o parte, această descoperire avea o însemnătate metodologică, filozofică, deoarece afecta universalitatea marii legi a colaborării sexelor, și prin aceasta invita cercetătorii să se ferească de generalizări pripite și să fie întotdeauna pregătiți să studieze fenomenele cele mai neașteptate. Pe de altă parte, ea dădea un argument în plus apărătorilor ovismului. De acum înainte încep să fie cunoscute specii de animale la care femela se poate lipsi de mascul, dar nu se cunosc specii la care masculul să se poată lipsi de femelă[5]. Nu era oare aceasta dovada decisivă a întîietății generatoare a sexului feminin?

PREFORMISMUL LUI CHARLES BONNET. După Bonnet, lichidul mascul sau sămînța pătrunde în ou, adică în fătul preformat, declanșîndu-i dezvoltarea și imprimîndu-i inimei sale o activitate fără de care nu ar putea trece peste „rezistența fluidelor". Dar rolul sămînței nu se limitează la aceasta. Ea con-

[5] Erasmus Darwin va fi, într-adevăr, singurul naturalist care susține că generația solitară a păduchelui de frunze este opera indivizilor masculi: „Este probabil că insectele despre care se spune că pot fi fecundate pentru șase generații, cum ar fi *Aphis*... își produc urmașii... fără mamă, dar nu și fără tată, constituind astfel un exemplu de *lucina sine concubitu*" (*Zoonomia*). — *N.A.*

ţine „molecule hrănitoare" care au proprietatea de a acţiona electiv asupra unor sau altor părţi ale fătului, explicînd astfel asemănarea care se constată adeseori între descendent şi tată, asemănare izbitoare mai cu seamă la hibrizii speciei sau la *catîri*, care fără îndoială că moştenesc anumite caractere dinspre partea paternă.

De exemplu, o dată cu sperma măgarului pătrund în fătul unei iepe şi molecule care fac să crească mai mult urechile sau laringele acestuia, pe cînd sperma unui cal, pătrunzînd într-un făt de măgăriţă, va introduce molecule susceptibile de a face să-i crească coada.

Bonnet admitea existenţa în sămînţă a „animalculilor", dar el era de părere că aceştia nu aveau nici un rol în fecundaţie. Concepţiile lui Bonnet sînt cîteodată ingenioase, dar în ele se resimte părerea lui concepută sistematic: oricare ar fi faptele ce i se opun, el este dinainte hotărît să le încadreze în preformismul său ovist. De altfel, trebuie să recunoaştem că preformismul acesta este destul de nuanţat, temperat, încît unele părţi din opera sa par să anunţe noţiunea de celulă în sensul ei modern:

„Prin cuvîntul de germene se înţelege în mod curent *un corp prevăzut cu toate organele, redus la o micime extremă*, astfel că dacă ar putea fi descoperit în această stare, i s-ar găsi aceleaşi părţi esenţiale pe care le prezintă corpurile organizate din specia sa în mare, după evoluţia sa. Eu am atras deci atenţia că era necesar să se dea cuvîntului germene o semnificaţie mult mai largă şi pe care înseşi principiile mele o presupun cu tărie. Astfel, acest cuvînt nu va desemna numai un corp prevăzut cu toate organele, *redus la dimensiuni minuscule;* el va mai desemna, de asemenea, orice fel de preformare originală, din care ar putea să rezulte un tot organic, ca principiul său imediat" (*Palingénésie philosophique*).

„PARTICULELE SEMINALE" ALE LUI MAUPERTUIS. Dar lui Charles Bonnet nu-i lipseau oponenţii şi printre aceştia îl vom găsi mai cu seamă pe Maupertuis, care, în lucrarea sa *Vénus physique*, precum şi în *Lettres*, atacă cu îndîrjire sistemul germenilor, care nu se poate împăca, după părerea sa, nici cu rezultatele hibridării speciilor şi cu faptele observării curente, nici cu anumite date obţinute recent asupra transmiterii anomaliilor la specia umană.

Într-adevăr, Maupertuis a descoperit la Berlin o familie (aceea a chirurgului Jacob Ruhe) în care sexdigitismul se transmitea de la o generaţie la alta; el a alcătuit pedigreul acestei anomalii şi a constatat că ea se transmitea în mod egal şi pe cale paternă, ca şi pe cale maternă. Nu este aceasta oare un argument decisiv în favoarea cooperării ambilor părinţi la procreare şi o experienţă operată de natura însăşi care nu este mai puţin demonstrativă decît aceea pe care dorea să o facă Réaumur împerechind păsările cu patru degete cu păsări cu cinci degete? (*Art de faire éclore des oiseaux domestiques*, vol. II, Mémoire IV).

Pentru a demonstra aceste fapte, Maupertuis susţine vechiul sistem al amestecului de seminţe, în care introduce o mulţime de particule extrase din toate părţile corpului parental; aceste particule, prin jocul unei atracţii reciproce

„sau chiar a ceva mai mult", se combină pentru a forma un embrion, la naşterea căruia a contribuit fiecare sex în parte[6].

BUFFON ŞI TEORIA „MOLECULELOR ORGANICE". Această ipoteză avea să fie reluată şi lărgită în mod considerabil de către Buffon, care din „particulele seminale" ale lui Maupertuis va face „moleculele" sale „organice".

După marele naturalist, toate fiinţele vii sînt formate din molecule însufleţite şi de nedespărţit, aranjate şi conduse de un „tipar interior". Seminţele — paterne şi materne — sînt pline cu astfel de molecule, care, agregîndu-se, vor forma fătul. Ele sînt cele care, în sămînţa masculină, dau naştere, prin unirea lor, globulelor însufleţite, adică animalculilor spermatici.

Or, Buffon, cu ajutorul unui micrograf valoros, John Turberville Needham (1713—1781), autorul lucrării *Nouvelles découvertes microscopiques* (Londra, 1745; trad. franceză, Paris, 1750), va pretinde că a reuşit să demonstreze direct vederile sale teoretice. Examinînd la microscop gameţi masculi, el crede că a văzut născîndu-se, sub ochii săi, animalculi din moleculele prezente în lichid. El îşi va extinde observaţiile asupra lichidului extras din glandele genitale ale femelei, glande pe care el le numeşte *testicule* şi nu *ovare*, deoarece le atribuie, ca şi glandelor masculine, producerea unei sămînţe prolifice. Şi în aceste lichide, el crede, de asemenea, că vede „globule active", asemănătoare întru totul animalculilor... În cele din urmă, el va examina lichide în care au fost macerate cărnuri de animale sau seminţe vegetale şi va continua să vadă apărînd astfel de globule...

Nu este aceasta o dovadă că toate corpurile vii sînt formate din asamblarea „moleculelor organice mereu active, mereu gata să se unească pentru a produce ceva organizat, chiar dacă condiţiile nu se pretează unei adevărate generări?

De fapt, toate aceste observaţii erau pline de erori. Buffon confundase animalculii seminali cu animalculii obişnuiţi de infuzie şi pe această greşeală îşi întemeia el sistemul său măreţ!

Către anul 1760, marele fiziolog elveţian Albert de Haller, care la început înclinase spre epigeneză, a crezut că poate demonstra, prin observaţiile sale asupra oului de găină, că germenele aparţine găinii şi că embrionul puiului preexistă oricărei fecundaţii. Oviştii cîştigaseră un punct şi Charles Bonnet triumfase zgomotos...

C. F. WOLFF ŞI ÎNCEPUTUL EMBRIOLOGIEI DESCRIPTIVE. Dar toate străduaniile preformiştilor vor fi reduse la tăcere prin opera lui Caspar-Friedrich Wolf (1733—1794). Acesta a urmărit cu răbdare, la microscop, dezvoltarea puiului şi, mai cu seamă, constituirea vaselor sanguine, pe care le-a văzut limpede cum se formau în golurile săpate în blastoderm. Concluziile sale, pe care le expune în lucrarea *Theoria generationis* (1759), vor fi sprijinite cu tărie de o lucrare ulterioară (*De formatione intestinorum*, 1768), în care va arăta,

[6] Rolul eredităţii paterne reieşea, de asemenea, din experienţele făcute de Kölreuter cu diferite specii de tutun (1761) şi de Trembley, cu diferite specii de porumb etc. — *N.A.*

fără echivoc, că intestinul puiului se naște dintr-o lamă care, detașîndu-se din partea inferioară a embrionului, se curba în jgheab, pentru a se închide, cu încetul, în tub.

Organele nu sînt deci preformate; ele iau naștere treptat, în decursul dezvoltării. Epigeneza este astfel demonstrată.

Nu exagerăm dacă afirmăm că opera lui Wolff marchează începutul embriologiei descriptive. Constrînși să abandoneze ideea, naivă și comodă a preformării, naturaliștii vor încerca de acum înainte să cerceteze în amănunt procesele complexe și variate ale embriogenezei animalelor.

Problema formării ființelor vii este aproape în întregime nerezolvată. Dacă de fapt există epigeneza, se va mai păstra oare sistemul semințelor? Nu-și au rolul lor și oul, și animalcului?

După Wolff, dezvoltarea embrionară se efectuează sub imperiul unei forțe secrete *(vis essentialis)*, în scopul de a înzestra cu organe materia vie. Această afirmație a fost combătută cu tărie de către Bonnet:

„Dacă nu există nimic preformat în materia pe care o înzestrează cu organe forța esențială, cum va fi determinată această forță să producă mai degrabă un animal decît o plantă, și de preferință un anumit animal în locul altuia? Și de ce această forță esențială va produce într-un anumit loc un anumit organ și nu un altul?"

Fără îndoială că epigenetiștii aveau dreptate cînd, sprijinîndu-se pe observații directe, afirmau că embrionul se formează treptat, dar aici era vorba de a interpreta această formare, și aceasta nu o puteau face decît recurgînd la noțiuni vagi, lipsite de orice fel de valoare explicativă: atracția la Maupertuis, tipar anterior la Buffon, forța esențială la Wolff...

SPALLANZANI ȘI STUDIUL EXPERIMENTAL AL FECUNDAȚIEI. Cu biologul italian Lazzaro Spallanzani (1729—1799) studiul procreării la animale va intra într-o fază nouă, căci acest savant, care se numără printre cei mai mari fiziologi ai secolului său, va face un studiu experimental asupra fecundării la animale (broască, broască rîioasă), care prin felul lor de reproducere (fecundare externă) sînt foarte potrivite pentru astfel de cercetări.

Cu toate că în 1768 Spallanzani crezuse că a adus, prin observațiile sale, un puternic argument în favoarea tezei preformiste și oviste, el — fiind un spirit cu mai puține înclinații spre teoretizări — se străduiește să obțină mai cu seamă fapte, a căror cunoaștere îl vor face maestrul fenomenelor studiate.

Făcînd experiențe asupra broaștei, el începe prin a se asigura că ouăle — care pentru el nu sînt decît mormoloci invizibili, nedezvoltați — nu se dezvoltă niciodată decît după ce au fost scoase din uterul femelei, fiind lăsate în voia sorții, de unde se poate trage cu certitudine concluzia că la această specie fecundarea este externă, așa cum o presupuneau Swammerdam și Roesel.

Udînd aceste ouă virgine cu sămînță se putea face, fără îndoială, o fecundație, dar de unde să procuri licoarea fecundătoare? Pentru aceasta, Spallanzani va împerechea broaște femele cu masculi pe care i-a îmbrăcat cu pantalonași — experiență care fusese încercată, dar fără rezultat, și de către Réaumur și

Nollet. Cum era de aşteptat, după pontă, el a găsit în pantalonaşi cîteva picături dintr-o licoare transparentă. Cu acest lichid Spallanzani a umezit ouă virgine, pe care le-a văzut apoi, spre marea lui bucurie, intrînd în dezvoltare şi producînd larve cu totul asemănătoare acelora care se nasc în urma fecundaţiei naturale. El realizase, astfel, prima *însămînţare artificială* în laborator, experienţă care avea să facă epocă în analele biologiei. Însămînţarea artificială a peştilor fusese realizată cu puţin înainte de Jacobi (1763), iar după unii autori, însămînţarea artificială a cailor ar fi fost practicată de foarte multă vreme de către arabi.

Puţin mai tîrziu, Spallanzani a realizat, în condiţii de control ireproşabile, însămînţarea artificială a unei căţele. În 1790, noua metodă a fost aplicată de către J. Hunter speciei umane (publicată în 1799).

Folosind acest procedeu, Spallanzani a făcut şi încercări de încrucişare, desigur infructuoase, între pisică şi cîine. Descoperirea sa a fost însă exploatată în întregime pentru a determina — cu o precizie foarte remarcabilă pentru epoca aceea — condiţiile fecundării la batracieni.

Lui Spallanzani — condus şi sfătuit adeseori în munca sa de către Charles Bonnet — i se datorează o mulţime de experienţe bine imaginate, bine conduse, bine înlănţuite şi, în general, bine interpretate. El pune în lumină rolul gangăi gelatinoase care înconjură oul, arată posibilitatea de a se dilua la maximum sperma, fără să i se piardă proprietăţile fecundatoare, studiază rezistenţa prin comparaţie a ouălor şi a sămînţei la variaţiile de temperatură, la acţiunea congelării şi a diferitelor substanţe chimice; el a făcut încercări de încrucişare dintre anure şi urodele etc.

Printr-o experienţă decisivă, Spallanzani spulberă ipoteza fecundării de la distanţă *(aura seminalis):* contactul direct între ouă şi sămînţă este întotdeauna necesar pentru fecundaţie.

Spallanzani arată că proprietăţile fecundatoare ale spermei dispar cînd aceasta este filtrată prin mai multe sugative. Pornind de la această experienţă, Spallanzani ar fi putut, dacă n-ar fi fost orbit de prejudecata ovistă, să deducă că animalculii seminali sînt indispensabili fecundării oului.

Aceşti animalculi seminali au fost studiaţi de Spallanzani cu multă grijă către anul 1770. El îşi dă seama că ei preexistă în orice sămînţă proaspătă şi nu se formează, aşa cum pretinde Buffon, pe seama „moleculelor organice". Dar Spallanzani nu-şi pune problema rolului lor fecundator, pentru că el, la fel ca şi Bonnet, nu se îndoieşte de faptul că oul nu este numai un făt, un mormoloc, căruia sămînţa trebuie să-i aducă un principiu de însufleţire.

Aceeaşi prejudecată ovistă, care l-a împiedicat pe Spallanzani să înţeleagă una dintre experienţele sale cele mai clare, i-a sugerat în schimb primele încercări de *partenogeneză artificială.* Întrucît sămînţa nu joacă decît un rol de stimulare, acest rol nu ar putea fi îndeplinit de un agent fizic, cum ar fi fluidul electric, sau printr-o anumită substanţă extrasă de la un animal sau o plantă (venin de salamandră, suc de lămîie etc.)?

Spallanzani nu a obţinut, în această direcţie, nici un rezultat, dar această idee experimentală, deşi inspirată dintr-o eroare, va deveni în viitor foarte fecundă.

D. REGENERAREA ANIMALĂ

Problema generării animalelor era legată în mod direct de aceea a regenerării, adică a reproducerii părților pierdute de animale.

Începînd din 1712, Réaumur constată că racul își reface cleștii cînd sînt sparți sau tăiați și descrie cu grijă stadiile acestei regenerări.

EXPERIENȚELE LUI TREMBLEY. Dar descoperirea fundamentală în acest domeniu a fost aceea a lui Abraham Trembley (1700—1784) care, în 1740, a descoperit extraordinarele facultăți de regenerare ale unui animal foarte mic, prezent în mod obișnuit în apele din șanțuri și băltoace: polipul de apă dulce sau hidra.

Trembley nu era decît un amator în domeniul științelor naturale, și el s-a interesat la început de acest animal din simplă curiozitate. Nefiind sigur că are de-a face cu un animal sau cu o plantă, el a secționat polipi pentru a vedea dacă pot sau nu fi butășiți, ceea ce ar fi constituit o dovadă a naturii lor vegetale. De fapt, el a văzut că acest lucru se putea obține, dar privindu-i mai îndeaproape, observîndu-i în mișcările lor, în felul de a se hrăni și de a captura mici prăzi, a înțeles că polipii făceau parte din lumea animală și de aceea și-a continuat cercetările cu asiduitate. Aceste cercetări au durat mai mult de trei ani, formînd obiectul unei lungi lucrări *Mémoires pour servir à l'histoire d'un genre de Polypes, d'eau douce à bras en forme de cornes* (1744); ilustrațiile acestei cărți i-au fost încredințate celebrului Lyonet.

Trembley a arătat că atunci cînd o hidră este tăiată în bucățele, din fiecare bucată se poate reface o hidră întreagă. Totodată el a observat că două hidre pot fi grefate una pe cealaltă și, în sfîrșit, că o hidră poate fi întoarsă ca un deget de mănușă, fără să i se întîmple ceva.

Aceste experiențe care cereau multă imaginație și o execuție îndemînatică au făcut senzație printre naturaliști. După partenogeneza păduchelui de frunze, butășirea hidrei apărea ca o nouă „minune a naturii", care va contribui la lărgirea sferei ideilor noastre asupra animalelor. O altă „minune" a fost proprietatea de reînviere pe care Needham a descoperit-o, în 1745, la unii nematozi și pe care Spallanzani a studiat-o la rotifere și tardigrade.

DISCUȚIILE ASUPRA REGENERĂRII ANIMALE. Confirmate repede de către Baker, Réaumur și alții[7], descoperirile lui Trembley aveau să atragă atenția că fenomenul de regenerare la animale este mult mai răspîndit decît s-ar fi putut crede la început.

[7] Voltaire, care era adesea sceptic cînd nu trebuia, contesta caracterul animal al hidrei: „Este bine dovedit că lintițele numite polipi de apă dulce sînt adevărate animale. Eu am ochi și vedere bună, dar n-am putut să observ niciodată, pînă acum, în acești polipi decît niște specii de ineluțe foarte fine, care par să facă parte dintre senzitive... E bine să ne îndoim încă... Prin așteptare, adevărul nu are decît de cîștigat" (*Singularités de la nature*, 1768). — *N.A.*

Charles Bonnet îi descoperă existența la unii viermi de apă dulce; Spallanzani (1768), la rîmă, la melc — care după amputare și-ar putea reproduce capul și gura, tentaculele și ochii — și chiar la salamandra de apă sau triton, care își poate reface cele patru membre în întregime, cu toată structura lor internă: oase, mușchi, nervi...

Regenerarea capului la melc a stîrnit adevărate polemici. S-au format două tabere, una pentru, alta contra, iar Voltaire, luînd parte la luptă, s-a apucat să taie capetele melcilor adunați din grădina sa din Ferney.

Atît în problema regenerării, cît și în aceea a generării se vor înfrunta, încă o dată, cele două moduri fundamentale de a concepe fenomenele de geneză organică: preformare și epigeneză. Renașterea părților înlăturate prezenta, într-adevăr, aceleași dificultăți ca și producerea unui animal întreg.

Charles Bonnet nu vede mijlocul prin care să poată scăpa de ipoteza „germenilor" preformați, care nu s-ar găsi numai în ovare, ci și în una sau alta dintre părțile corpului.

În cazul hidrei, la care în tot organismul se pot forma noi produși, germenii se găsesc pretutindeni. Corpul său este, ca să spunem așa, constituit „prin repetarea la infinit a unor mici hidre care nu așteaptă, pentru a ieși la iveală, decît condiții prielnice".

Cît despre regenerarea parțială (ca în cazul viermilor), problema care se punea era de a ști dacă ea este asigurată prin germeni ce conțin *toate* elementele corpului, dintre care nu se vor dezvolta decît unele, sau prin germeni ce conțin numai acele elemente care vor trebui să se dezvolte. Bonnet nu s-a pronunțat asupra acestei probleme, dar el înclina mai degrabă către ipoteza puterii parțiale:

„Nu văd nici un inconvenient în presupunerea că în soiurile acestea de viermi există germeni pentru formarea părților anterioare și germeni pentru formarea părților posterioare. Această ipoteză prezintă, mi se pare, mai puține dificultăți decît aceea a obliterării unei părți din germen."

În piciorul racului, Bonnet își imagina cu plăcere prezența unui șir de germeni de potențialitate descrescîndă.

„În fiecare picior de rac există o succesiune de germeni care conțin, între altele, și părți asemănătoare cu acelea pe care natura are intenția să le înlocuiască. Eu cred deci că germenele așezat la început în vechiul picior conține un picior întreg sau cinci articulații, că germenele imediat următor conține un picior care nu are decît patru articulații, și tot așa și celelalte."

Ulterior, prin creștere, noul picior va putea, la rîndul lui, să fie reprodus după amputare. Trebuia deci să se admită că acest picior, asemănător întru totul cu cel vechi, „conține de asemenea germeni destinați acelorași scopuri și îmbinarea acestor germeni unii într-alții nu mai spune decît imaginația".

După cum se vede, și aici explicația preformistă, care atrăgea după sine dezastruoasa ipoteză a încutierii, se izbea de dificultăți de neînvins.

De altfel, asemenea dificultăți întîmpinau și epigenetiștii, care nu puteau să explice reproducerea părților pierdute decît invocînd o „formație mecanică" sau inventînd, în sprijinul cauzei, forțe generatoare oculte.

E. ORIGINEA MONȘTRILOR

Studiul științific al ființelor anormale sau monstruoase datează din prima jumătate a secolului al XVIII-lea, cînd aproape că dispăruseră majoritatea prejudecăților privind rolul diavolului sau intervenția divină în nașterea monștrilor. Aceștia încep să fie descriși și studiați cu precizie atît sub aspectul conformației lor exterioare, cît și sub acela al structurii lor interne. Se face chiar încercarea de a-i clasifica pentru că începe să se întrezărească interesul pe care îl prezintă studiul lor pentru comprehensiunea fenomenelor dezvoltării normale.

În ceea ce privește originea lor, părerile erau foarte împărțite, fie că se admitea existența germenilor *originari monstruoși*, fie că se explica monstruozitatea prin influența *cauzelor accidentale* (apăsări, boli, emoții etc.) care acționaseră asupra embrionului în cursul dezvoltării sale.

În legătură cu acest subiect, în preajma anului 1740 s-a desfășurat, la Academia de Științe din Paris, o mare polemică, cunoscută sub numele de „disputa monștrilor". În această dispută, Lémery, susținătorul cauzelor accidentale, îl combătea pe Winslow, partizan al „extraordinarului originar". Această controversă, care a servit mult teratologiei în devenire, a obligat pe anatomiști să aprofundeze studiul structurilor anormale, folosind tot felul de argumente, care nu erau numai de ordin științific. Adversarii germenilor monstruoși se bazau pe teologie: nu era oare o nelegiuire să se susțină că germenii diformi și monstruoși ar fi putut să iasă dintr-o dată din mîinile Creatorului?

Este interesant de notat că părerea care exista despre geneza monștrilor era, într-o oarecare măsură, independentă de aceea a mecanismului procreației.

Dacă Buffon, epigenetist convins, contesta existența germenilor monstruoși, și dacă Haller, preformist, afirma în lucrarea sa *De monstris* realitatea acestor germeni, în schimb Bonnet, în ciuda preformismului său, era de partea cauzelor accidentale.

F. GENERAȚIA SPONTANEE

PROBLEMA ANIMALCULILOR. După apariția lucrărilor lui Redi, Vallisnieri etc., problema generației spontanee părea aproape rezolvată în ceea ce privește ființele vizibile cu ochiul liber, cum ar fi viermii sau insectele, dar

ea continua să fie încă viu discutată în privința ființelor microscopice, și mai cu seamă a „animalculilor de infuziune".

Dacă se făcea o infuzie de grăunțe sau de orice altă materie organică, se constata că după cîteva zile (desigur dacă temperatura era destul de ridicată), lichidul se tulbura. Examinînd la microscop o picătură din acest lichid, observatorul vedea mișunînd nenumărate globule însuflețite, cărora era imposibil să nu le dea denumirea de animalculi.

De unde provenea această profuziune de ființe vii capabile să se formeze în orice loc și atît de repede? Ieșeau ele din materia alterată, ca o simplă generație spontanee? Sau trebuia să se admită că proveneau din germeni invizibili, prezenți peste tot, gata mereu de a se dezvolta, ori de cîte ori avea loc o alterare a mediului?

Și aici vom asista la disputa dintre epigenetiști și preformiști: epigenetiștii considerau că animalculii s-ar putea forma „mecanic" sau cu ajutorul forțelor oculte (de exemplu: „forța vegetativă" a lui Needham), în detrimentul elementelor ce se găseau în mediu. Din contra, preformiștii afirmau că această producție de neconceput este scandaloasă pentru minte; ei nu admiteau ca animalculii să fie tratați drept „bastarzi ai naturii" și că — sub pretextul micimii lor — să fie excluși din marea lege a procreării, care dă fiecărei ființe vii părinți asemănători cu ea.

SUSȚINĂTORII GENERAȚIEI SPONTANEE. În tabăra „spontaniștilor" se găseau „prințul micrografelor", O. F. Müller, mare specialist în infuzori, și Buffon, care depășea chiar limitele obișnuite ale acestei teorii, deoarece admitea generația spontanee nu numai pentru ființele microscopice, ci și pentru viermii făinii și ai oțetului, precum și pentru multe animale vizibile, superior organizate.

El afirmă că fiecare ființă vie este formată din „molecule organice". După moartea unui animal mare, aceste molecule sînt puse în libertate, producînd diverse animale mici, care sînt viermii de pămînt, crustaceele, mușițele, omizile, sau chiar cei care trăiesc pe plante, cum ar fi viermii ciupercilor.

Cînd într-un animal viu moleculele organice se află în exces, ele produc pe loc tenii, ascarizi, paraziți hepatici, păduchi etc. Asta nu era altceva decît o reîntoarcere la ideile lui Athanasius Kircher...

„Experiențele mele — scria Buffon — demonstrează destul de limpede că nu există germeni preexistenți și, în același timp, ele dovedesc că generarea animalelor și a plantelor nu este echivocă: poate că sînt atîtea ființe, fie vii, fie în stare latentă ducînd o existență vegetativă, și care se produc prin asamblarea întîmplătoare a moleculelor organice cîte sînt plante și animale care se pot reproduce printr-o succsiune constantă a generațiilor... Putrezirea, descompunerea animalelor și a plantelor produce o infinitate de corpuri organizate care trăiesc și vegetează."

ANTISPONTANIŞTII. Printre antispontaniști se gaseau Réaumur, Charles Bonnet etc.

„Întreaga natură, scrie acesta din urmă, este o mărturie împotriva generaţiilor *echivoce*... Ştiu că trebuie să fim în gardă împotriva regulilor generale. Eu, pe cît se pare, am dovedit-o destul. Dar ştiu, de asemenea, că excepţiile trebuie să fie demonstrate cu rigurozitate pentru a putea fi admise, mai cu seamă cînd ele ating legea cea mai universală, cea mai constantă, cea mai invariabilă dintre toate cele pe care le cunoaştem... Cînd, pentru a explica apariţia unor animalculi într-un lichid, se recurge la forţe *productive*, la *virtuţi vegetative*, nu se pun oare cuvintele în locul lucrurilor? Ce idee avem despre aceste forţe? Cum se poate concepe că ele fac ca materia să fie prevăzută cu organe, că ele transformă moleculele reanimate în fiinţe vii?... Am rîs de Epicur, care forma o lume din atomi: a prepara un animal dintr-un extract de carne de oaie ar lovi oare mai puţin filozofia adevărată?“

EXPERIENŢA LUI NEEDHAM ŞI CRITICA ADUSĂ EI DE CĂTRE SPALLANZANI. Prin această ultimă frază, Bonnet făcea aluzie la o experienţă pe care o realizase Needham în jurul anului 1740 şi care, foarte bine concepută, era de o interpretare incomodă pentru susţinătorii germenilor. Astupînd cu vată un vas care conţinea un extract de carne de oaie, Needham l-a încălzit pe cenuşă fierbin e, în aşa fel încît să distrugă, credea el, toţi germenii care s-ar fi găsit acolo. Or, în ciuda acestei încălziri, care trebuia să asigure ceea ce noi numim astăzi „sterilitatea“ lichidului, animalculii apăreau cu grămada. Nu era oare aceasta o dovadă că ei se formează printr-o generaţie spontanee?

Această experienţă a fost viu criticată şi chiar ironizată de către antispontaniști, care ridicau împotriva ei tot felul de obiecţii teoretice. A trebuit însă să apară în arenă Spallanzani pentru ca lupta să fie dusă, în sfîrşit, pe un plan experimental, pe care de acum înainte nu avea să-l mai părăsească.

Pe la începutul anului 1770, Spallanzani arată că experienţa lui Needham comportă o dublă greşeală. Mai întîi, flacoanele nu fuseseră perfect astupate cu vată, apoi durata încălzirii şi căldura nu pot fi suficiente pentru a ucide toţi germenii. Dacă experienţa se repetă în condiţii diferite şi cu mai multe precauţii, care să permită excluderea oricărui aport al germenilor veniţi din afară, rezultatele sînt cu totul altele: lichidul nu se tulbură, nu mai este invadat de animalculi.

Lupta însă nu s-a terminat, fiindcă Needham nu a vrut să se recunoască învins de biologul italian. El va contesta valoarea experienţei astfel modificate, afirmînd că supraîncălzind materia infuzată se va distruge „forţa vegetativă“. De asemenea, el va mai susţine că torturînd natura „o obligi să depună greşit“. Spallanzani, la rîndul lui, va riposta prin noi experienţe din ce în ce mai precise, din ce în ce mai neplăcute pentru Needham şi pentru spontaniști.

Dar nici de data aceasta lupta nu s-a încheiat definitiv, pentru că în această epocă se ignorau aproape cu totul condiţiile de viaţă ale animalculilor şi, mai cu seamă, nevoia lor de oxigen. Faptul că experienţele lui Spallanzani lăsau în mod inevitabil să subziste cîteva cauze care ar fi putut duce la erori nu ştirbeşte prea mult din exactitatea şi frumuseţea lor concepute în mod ingenios şi

conduse cu pricepere dacă ne gîndim la nivelul cunoștințelor și al tehnicii din vremea aceea; ele erau îndreptate în direcția cea bună și tindeau să valideze o ipoteză căreia viitorul avea să-i demonstreze fecunditatea.

În secolul al XVIII-lea, întreaga istorie a biologiei este dominată de controversa care opune pe susținătorii preexistenței germenilor partizanilor epigenezei. Aici este vorba, într-adevăr, de două tendințe diametral opuse, care orientează atitudinea față de cele trei probleme fundamentale ale biologiei: în formarea individului, a speciilor și geneza vieții.

Adepți ai unui fixism rigid, susținătorii preexistenței germenilor erau, desigur, antispontaniști. Epigenetiștii erau, dimpotrivă, spontaniști și înclinau, în general, către un transformism, mai mult sau mai puțin larg.

Și unii, și ceilalți au avut un rol însemnat în progresul ideilor, deoarece astăzi am putea spune că biologia a confirmat atît epigeneza, menținînd totuși noțiuneade germene organizat, cît și ipoteza transformistă, menținînd totuși un fixism aproximativ în ceea ce privește natura actuală. De asemenea, ea a confirmat antispontanismul, neexcluzînd însă în întregime posibilitatea unei apariții spontanee a vieții într-un trecut foarte îndepărtat.

CAPITOLUL II

Fiziologia animală

Leibniz, redactînd în anul 1700 manifestul Societăţii de Ştiinţe din Brandenburg, viitoarea academie a Prusiei, angaja această adunare să nu neglijeze, în cursul lucrărilor sale, folosul tras de pe urma simplei curiozităţi:

„Această instituţie trebuie să aibă vie în minte ştiinţa şi în acelaşi timp aplicaţiile ei utile, propunîndu-şi scopuri care îl pot onora pe ilustrul său fondator şi pot fi de folos omenirii. Ea trebuie să lege teoria cu practica..."

Secolul al XVIII-lea este şi secolul progresului şi, în primul rînd, al progresului tehnicii. Leibniz îi atribuie sensul său, propunînd în acelaşi timp un cuvînt de ordine societăţii savante care îl va ilustra, împreună cu acelea a căror înfiinţare datează din secolul precedent, Royal Society şi Academia de Ştiinţe.

NOI FACTORI DE CERCETARE. Experimentarea, mai cu seamă în domeniul fizicii şi chimiei, părea să satisfacă dubla exigenţă, a invenţiei şi a aplicaţiei. Cercetările privind căldura, electricitatea, schimbările stării fizice, afinităţile chimice, descompunerea materiei, combustia şi oxidarea ies din limitele lor iniţiale, pătrunzînd în domeniul fiziologiei, unde aduc soluţiile lor, creînd noi probleme. Agenţi fizici, mai cu seamă electricitatea, sînt folosiţi pentru a înlocui lumina sau căldura ca termeni de analogie explicativă a forţelor vitale. Analiza diferitelor feluri de aer, adică de gaz (aşa-zisă chimie „pneumatică"), dînd un conţinut pozitiv noţiunii de schimburi între organism şi mediul înconjurător, vine să pună capăt rivalităţii, pînă atunci pur speculativă, dintre iatromecanicieni şi iatrochimişti, în favoarea acestora din urmă. Fizica dispune de noi instrumente de lucru, cum ar fi termometrul sau calorimetrul, care fac posibilă determinarea de noi constante biologice. În 1715, Fahrenheit, urmat de Réaumur în 1733, rezolvă dificultăţile tehnice care întîrziaseră construirea termometrelor sensibile şi fidele. În 1780, Lavoisier şi Laplace construiesc aparatul cu gheaţă care permite măsurarea cantităţii de căldură.

Aşadar nu trebuie să ne uimească faptul că, în afară de studiile asupra funcţiilor sistemului nervos, majoritatea descoperirilor sau a verificărilor pozitive ale ipotezelor în fiziologie sînt, în cursul secolului al XVIII-lea, rodul lucră-

rilor, dacă nu ale unor amatori, cel puțin ale unor cercetători străini de medicină, cum ar fi Hales, Priestley, Lavoisier, Réaumur și Spallanzani.

De altfel, predarea fiziologiei însăși era apanajul profesorilor de medicină, ca și tratatele de fiziologie, care rămîn încă o parte integrantă a tratatelor de medicină. Aceasta cel puțin în prima jumătate a secolului, cînd ele sînt semnate de autori ca Boerhaave (1668—1738), Stahl (1660—1734) și Hoffmann (1660—1742) pe care Deremberg și Neuburger i-au denumit „marii sistematicieni". Așa-zisele *Institutiones medicae* (1708) ale lui Boerhaave nu își schimbă denumirea în *Phisiologia* decît în 1734, în traducerea germană a lui J.P. Eberhard. Precedat de F. Hoffmann care, după ce se ocupase de fiziologie în lucrarea sa *Fundamenta medicinae* (1695), publică *Fundamenta physiologiae* în 1718, Haller este acela care dă titlul de fiziologie unui tratat în care funcțiile organelor sînt expuse independent de orice considerație nosografică și terapeutică: *Primae lineae physiologiae*, 1747; *Elementa physiologiae corporis humani*, 8 vol. 1757—1766.

N-am avea deci decît o idee foarte incompletă, în mod exclusiv academică, despre fiziologia secolului al XVIII-lea, care ține seama numai de tratatele sau manualele ce serveau de model în acea epocă. Desigur, pare ciudat faptul că, întocmind, în 1804, bilanțul acestei noi fiziologii, Cabanis nu a menționat decît cărți și lucrări de medicină, deși el ar fi putut să-și dea seama prin „științele colaterale, care ne dau fără încetare sau lumină directă sau instrumente noi", de una dintre cauzele superiorității noii medicini.

De altfel, pentru a aprecia importanța acestor fiziologii sistematice sub alte raporturi decît retorica și filozofia, sîntem îndemnați să comparăm meritele autorilor lor nu numai pe tărîm universitar. Fără îndoială, este meritul lui Boerhaave de a fi atras în Leiden (orașul în care își ținea el cursurile) atît de mulți studenți și medici, încît au trebuit să se dărîme zidurile înconjurătoare, pentru a se construi noi săli de cursuri. Dar s-ar putea ca Stahl, pe nedrept calomniat pentru „animismul" său (reacție îndreptată inițial împotriva exagerărilor caricaturale ale mecaniciștilor), să fie mai important decît Boerhaave, datorită teoriilor sale inspirate din chimie. Interesul pe care el îl acorda reacțiilor fermentative a îndreptat atenția biologilor spre fenomenele care ulterior aveau să arunce o punte — prin lucrările lui Liebig și Pasteur — între chimia anorganică și chimia organică.

În fond, secolele XVII și XVIII pot fi comparate între ele din punctul de vedere al progreselor fiziologiei: și unul, și celălalt sînt secolul unei mari descoperiri. Descoperirea lui Harvey aproape că inaugurează secolul al XVII-lea, pe cînd descoperirea lui Lavoisier aproape că încheie secolul al XVIII-lea. Prima descoperire nu introduce un model mecanic decît pentru descrierea unui fenomen, în timp ce cea de-a doua introduce un model chimic pentru explicarea lui. Cronologic, descoperirea lui Lavoisier este mai nouă, dar sub aspect științific ea nu este mai puțin importantă.

Ar trebui deci să începem prin a face, contrar obiceiului, un tablou al fiziologiei secolului al XVIII-lea, menționînd mai întîi cunoștințele pozitive pe care această știință le datorează concursului chimiei.

A. RESPIRAȚIA

Funcția respiratorie punea două probleme: una de mecanică, cum pătrunde aerul în plămîn? Cealaltă de chimie, în ce constă amestecul sîngelui cu aerul?

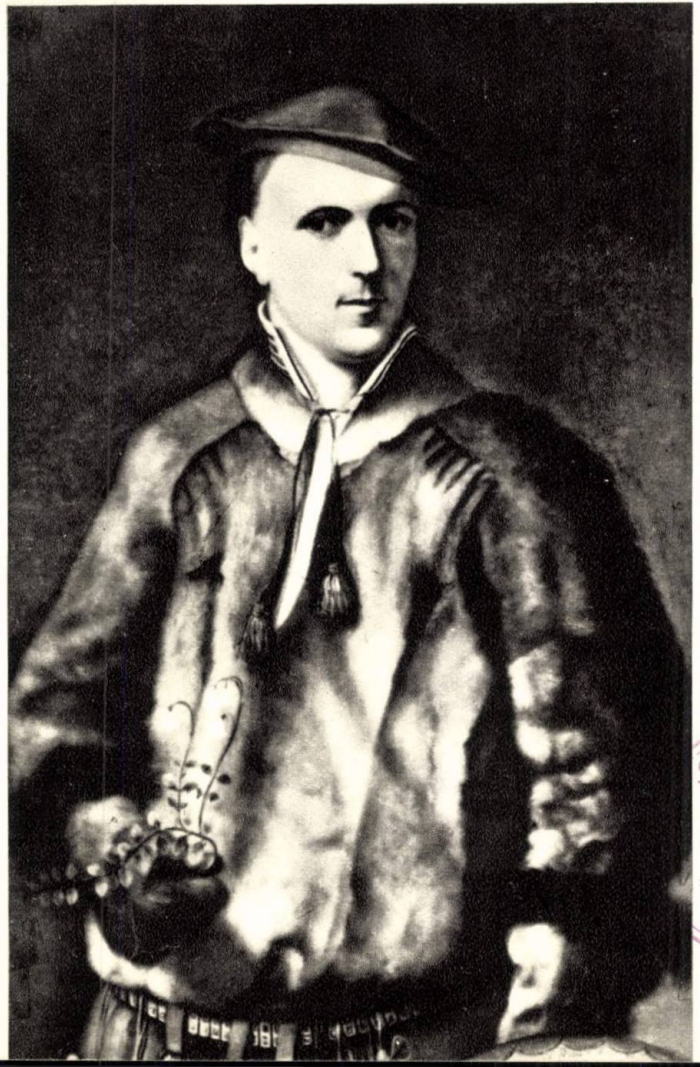
PRIMELE LUCRĂRI. Borelli a dat primei probleme un răspuns parțial satisfăcător indicînd mușchii intercostali ca agenți activi ai variațiilor de volum ale toracelui. Descartes propusese deja, în lucrarea sa *Traité de l'homme*, o explicație de acest gen, însă Swammerdam formulase, în opoziție cu acest punct de vedere particular (deși plecînd de la principiul cartezian privind necesitatea într-o lume dominată de aspectul circular al oricărei mișcări), o teorie care atribuia dilatarea cavității pulmonare presiunii exercitate din exterior asupra păturilor de aer din apropierea nasului și a gurii. După Musschenbroek, Daniel Bernoulli și Hamberger, Haller (1746—1747) avea să propună, în sfîrșit, în lucrarea sa *De respiratione experimenta anatomica*, o explicație corectă a mecanicii respiratorii și mai cu seamă a rolului spațiului pleural.

Cît despre cea de-a doua problemă, nu putem indica dintre toate încercările de soluționare decît pe cele mai importante. Ca urmare a lucrărilor lui Robert Boyle *(Nova experimenta physicomechanica de vi aëris elastica et ejusdem effectibus*, 1669), Mayow a ajuns, în 1674, la ideea că respirația ființelor vii fixează în organism un „spirit" compus din aer, a cărui epuizare într-un spațiu închis îl face impropriu pentru întreținerea vieții. Priestley descrisese, în lucrarea sa *Experiments and Observations on Different Kinds of Air* (1774—1777), o experiență efectuată în 1771, în care o plantă (o plantulă de mentă) ținută sub un clopot în apă degajase un aer deflogisticat (oxigen), făcînd din nou posibilă arderea unei lumînări. În 1775, într-o comunicare făcută la Royal Society, el arată că acest aer deflogisticat este propriu pentru întreținerea respirației la animale (ca animal de experiență a fost folosit un șoarece).

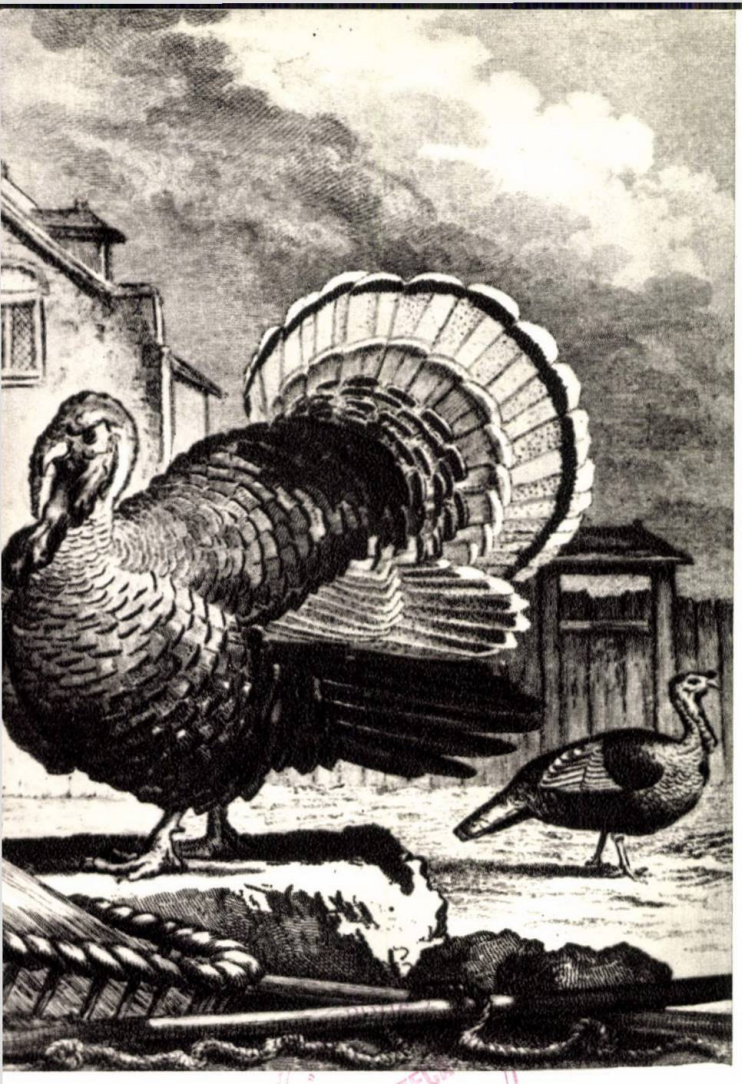
DESCOPERIRILE LUI LAVOISIER. În lucrările sale asupra aerului vital, și anume asupra felului în care metalele se combină în timpul calcinării, Lavoisier nu procedează la început altfel decît Priestley, experiențele sale asupra respirației animale fiind pentru el în primul rînd un mijloc de analiză, de detectare și de identificare a diferitelor feluri de gaze. Influența acestui gaz asupra respirației animale a fost inițial un test cu caracter chimic, constînd în separarea experimentală a elementelor presupuse că s-ar găsi în aerul atmosferic, decăzut el însuși din vechea sa demnitate de element. Dar, fiind mai sistematic decît Priestley, după ce a făcut experiențe privind respirația la păsări (1775—1776) și la cobai (1777), Lavoisier a putut prezenta Academiei de Științe, în anul 1777, un prim expozeu *Mémoire sur les changements que le sang éprouve dans les poumons et sur le mécanisme de la respiration.*

Apoi, stabilind o legătură între rezultatele cantitative obținute prin măsurarea schimburilor gazoase din timpul respirației și rezultatele măsurării cantității

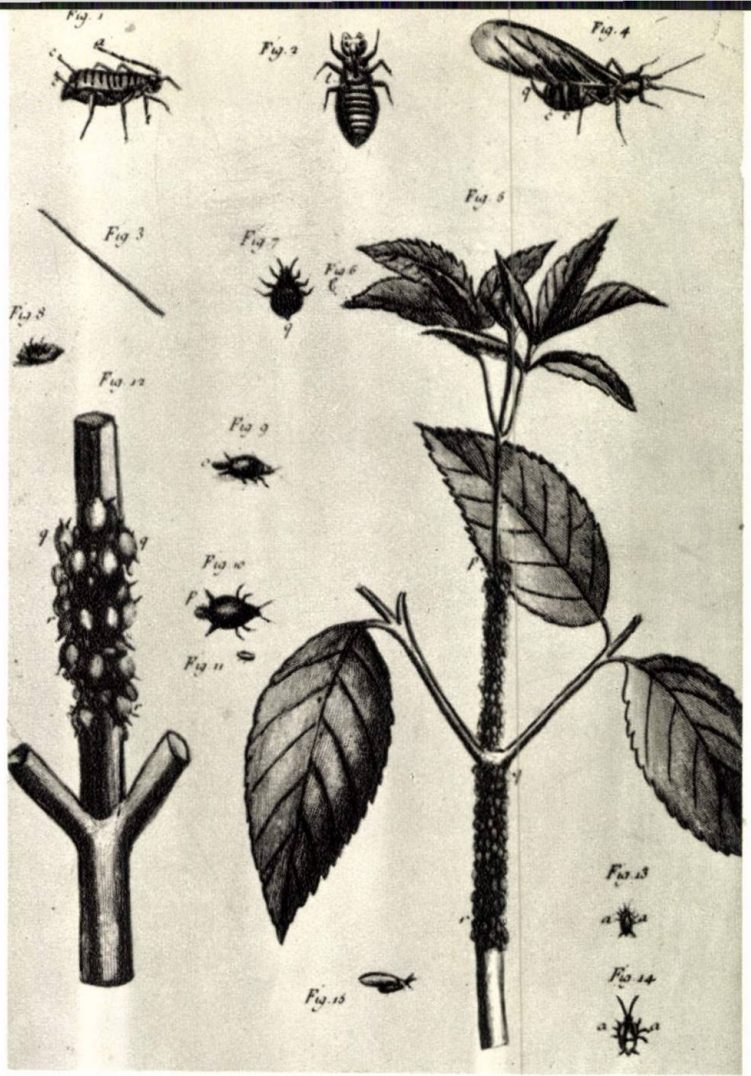
41. CARL LINNÉ (1) ŞI GEORGES-LOUIS LECLERC, CONTE DE BUFFON (2).



1



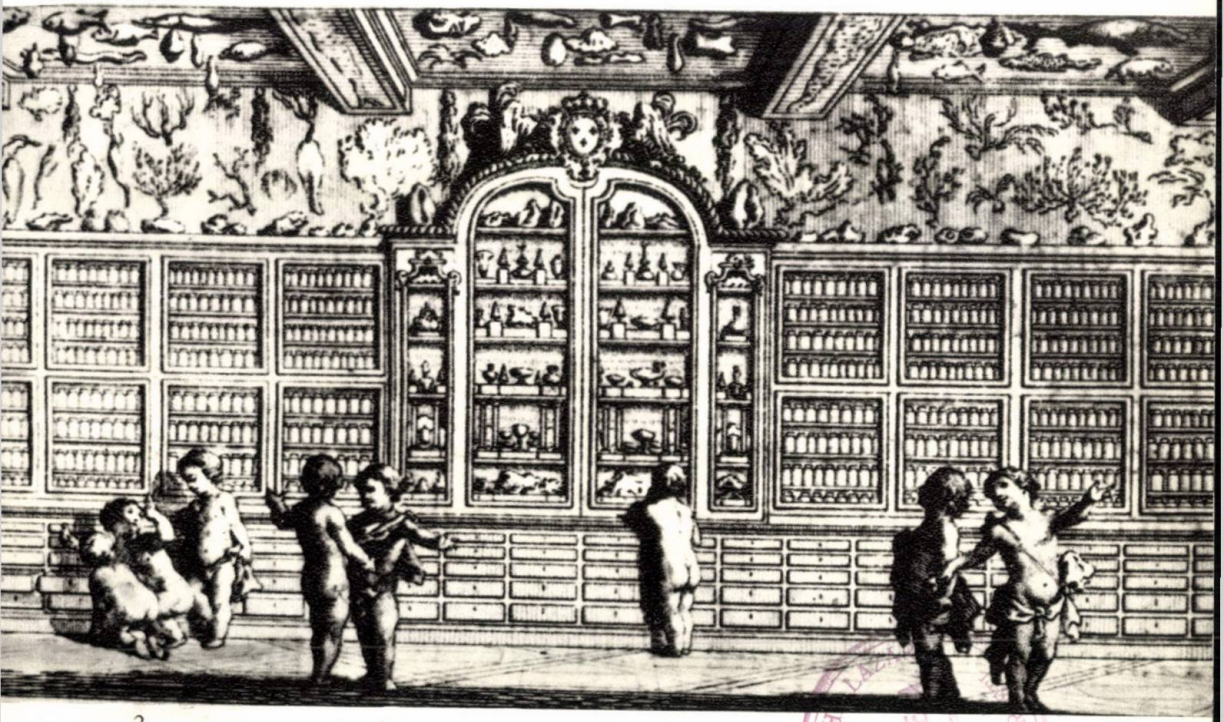
2



42. DOUĂ PLANŞE ZOOLOGICE ALE LUI BUFFON (1) ŞI RÉAUMUR (2).

LICEUL BUCUREŞTI

1



2

43. CABINETE DE ISTORIE NATURALĂ DE LA JARDIN DU ROI ÎN SEC. XVIII.

44. VACCINUL, SUBIECT DE CARICATURI.

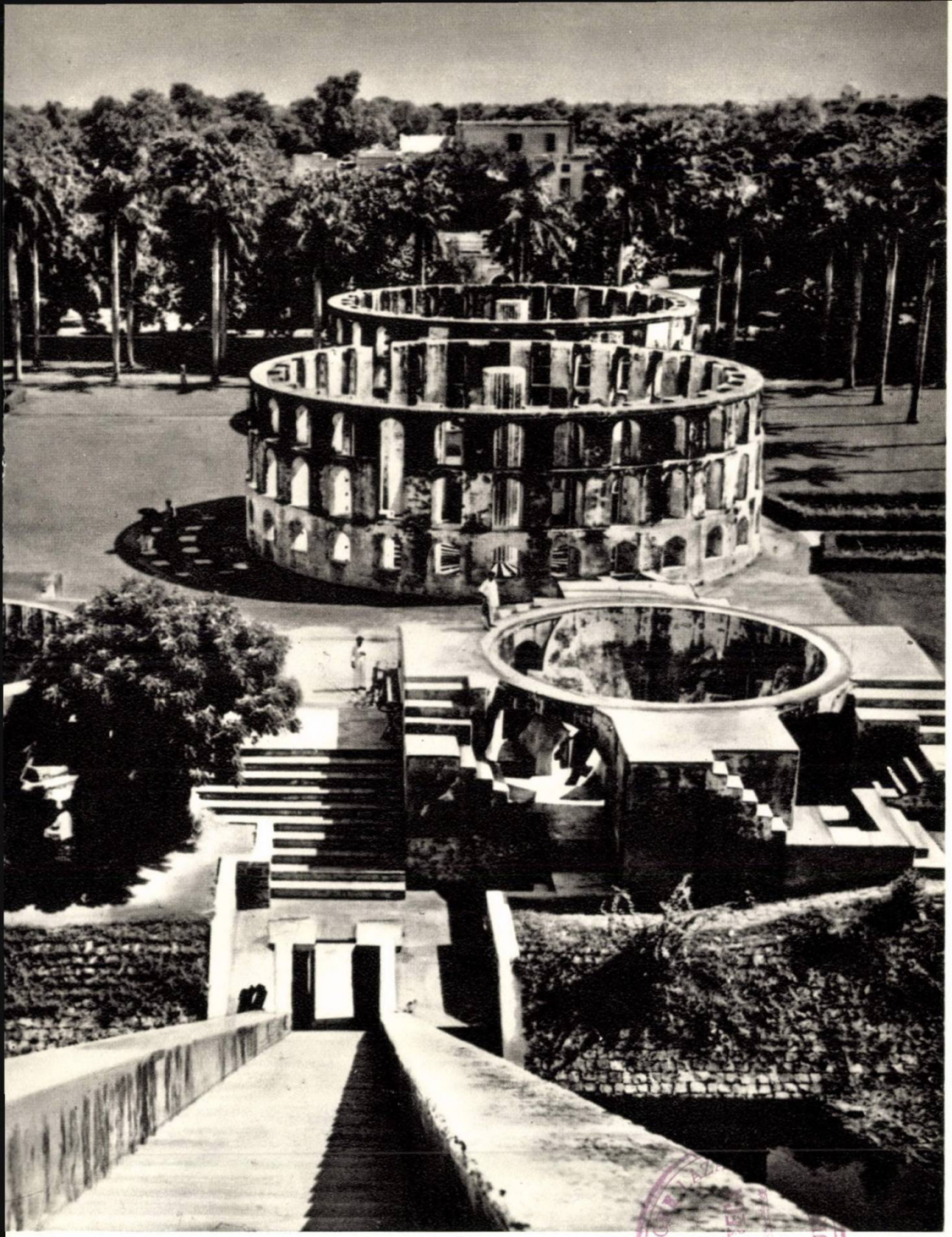
1

2

GHEORGHE LAZĂR"

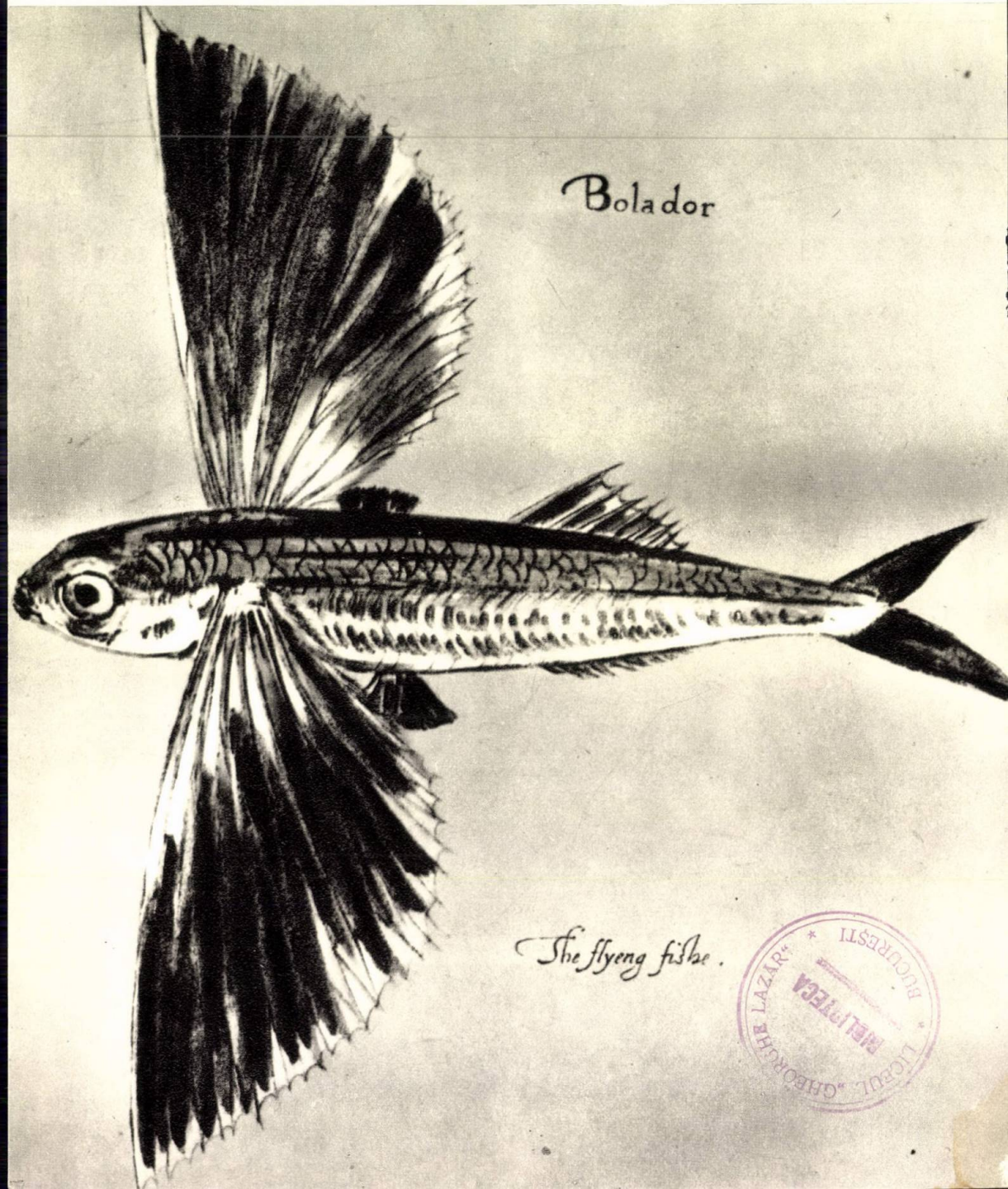
45. JEZUIȚI PREDÎND ASTRONOMIA UNOR ASCULTĂTORI CHINEZI.

46. INSTRUMENTE ASTRONOMICE DE LA OBSERVATORUL DIN PEKIN.



47. VEDERE PARȚIALĂ A OBSERVATORULUI LUI JAI-SINGH, DIN DELHI.

48. PEȘTE ZBURĂTOR *(EXOCOETUS VOLANS)*



LICEUL „GHEORGHE LAZĂR" * BUCUREȘTI
BIBLIOTECA

de căldură degajate de cobaii puşi într-un calorimetru cu gheaţă, Lavoisier şi Laplace au generalizat toate observaţiile, afirmînd, încă din 1780, că respiraţia nu este decît o combustie lentă cu totul asemănătoare cu aceea a cărbunelui. De altfel, ei s-au înşelat atunci cînd au redus respiraţia la simpla combustie a carbonului, aşa cum avea s-o recunoască Lavoisier în 1785, în expunerea sa *Sur les altérations qu'éprouve l'air respiré*, în care respiraţia era socotită drept o operaţie al cărei efect nu se limita numai la producerea de bioxid de carbon, ci şi de apă, prin combustia hidrogenului. Ei greşeau şi atunci cînd indicau plămînul ca loc şi sediu al combustiei, de unde căldura, emanată din această combustie, s-ar distribui în organism o dată cu sîngele.

În cele din urmă, repetînd împreună cu Séguin primele măsurători experimentale de energetică biologică umană (Séguin oferindu-se el însuşi ca subiect de experienţă), Lavoisier a putut rezuma lucrările *Sur la respiration des animaux* (1798) şi *Sur la transpiration des animaux* (1790) într-o declaraţie sub formă de principiu, citată adesea:

„Comparînd aceste rezultate cu acelea care le-au precedat, se vede că maşina animală este guvernată mai cu seamă de trei procese principale: respiraţia, care consumă hidrogen şi carbon, dar procură caloricul; transpiraţia, care creşte sau scade, după cum este necesar să se ia mai mult sau mai puţin caloric; digestia, care redă sîngelui ceea ce pierde prin respiraţie şi transpiraţie."

Cum să nu fim, în această privinţă, sensibili la faptul că Lavoisier, deşi geolog şi chimist prin formaţie, a ştiut să observe, în fenomenele pe care le-a abordat cu ajutorul chimiei, o trăsătură fundamentală a organismului animal, şi anume existenţa unor funcţii de reglare. În timp ce aproape toţi medicii contemporani cu el s-au mărginit să celebreze finalitatea, folosind şi abuzînd de aforisme hipocratice, Lavoisier a examinat, măsurînd cu toată exactitatea posibilă pe atunci, efectele oscilante şi a sesizat necesitatea menţinerii unor constante biologice, al căror mecanism îi scapă încă.

Dacă descoperirile lui Lavoisier s-au transformat repede, în mintea sa, în aplicaţii privind igiena în sălile spitalelor sau ale penitenciarelor, importanţa lor a fost relevată şi pe planul teoriei fiziologice şi chiar al filozofiei biologice. Aceste descoperiri puneau capăt unei lungi dezbateri asupra cauzelor căldurii animale. Dacă chimiştii secolului al XVII-lea, — pentru a nu menţiona decît pe autorii cei mai recenţi — cum a fost van Helmont sau Silvius, atribuiau geneza căldurii animale, primul unei fermentaţii în inimă, iar cel de-al doilea, amestecului efervescent al sîngelui venos cu chilul, dimpotrivă, Stahl, recunoscut de altfel pe drept cuvînt ca unul dintre discipolii lor, nu vedea în acest fenomen decît efectul mecanic al brasajului şi al agitaţiei pe care respiraţia o imprimă sîngelui, efect mărit prin forţa elastică de expansiune a aerului inspirat. Haller înclina spre o explicaţie asemănătoare, dar în acelaşi timp el face obiecţia că numai frecarea singură nu ar fi fost capabilă, în cazul apei, să-i ridice temperatura la un nivel apropiat de cel al sîngelui. În orice caz, Haller era de părere că inima şi tot restul organismului ar fi incapabile să producă căldură

fără ajutorul plămînului. Vedem deci că Lavoisier dădea dreptate tuturor acelora care, încă de la ionieni, asimilau în mod mitic aerul cu focul, suflul cu flacăra, arătîndu-se totodată împotriva acelora care, începînd de la Diocles de Caristos, socoteau că mai degrabă digestia este izvorul interior de căldură animală, precum şi a acelora care, citindu-l pe Aristotel, admiteau existenţa unei călduri congenitale cu sediul în inimă, compensată prin efectul refrigerent al respiraţiei. Noua chimie pneumatică, spulberînd mai multe mituri caloriste şi animiste privind focul vital, se arăta mai indulgentă faţă de unul dintre ele[1].

SEDIUL CĂLDURII ANIMALE. LUCRĂRILE LUI SPALLANZANI. Dar sfîrşitul luptei asupra cauzelor care produc căldura animală coincidea cu începutul unei dezbateri privitoare la sediul acestui fenomen. Afirmaţia lui Lavoisier, după care oxidarea carbonului şi a hidrogenului sanguin se face în vasele plămînului, prin acţiunea oxigenului asupra unui fluid hidrocarbonic secretat în aceste vase, comportă anumite dificultăţi. Acestei afirmaţii i-au fost aduse, în 1791, obiecţii de către Jean-Henry Hassenfratz, un fost asistent al lui Lavoisier , devenit discipol al matematicianului Lagrange. Dacă toată căldura organismului este liberată iniţial la nivelul plămînului, cum se face că acest organ nu se usucă sau că, cel puţin, temperatura lui nu va fi mai mare decît aceea a celorlalte organe? Nu este oare firesc ca eliberarea căldurii animale să se facă prin toate părţile corpului unde se distribuie sîngele? După Lagrange, sîngele pulmonar, în contact cu aerul inspirat, se încarcă cu oxigen dizolvat, din a cărui combinaţie cu carbonul şi hidrogenul sanguin rezultă bioxidul de carbon şi apa, liberate la întoarcere în aerul expirat. Această explicaţie exactă — cu excepţia că oxidarea are loc nu în sînge, ci chiar în celule — trebuia să-şi aştepte confirmarea experimentală pînă în 1837, cînd Gustav Magnus, folosind pompa cu mercur, reuşeşte să deceleze prezenţa gazelor libere în sîngele venos şi în cel arterial. În aceeaşi ordine de idei, publicarea postumă, de către Jean Senebier, a lucrării *Mémoires sur la respiration* (1803) a revelat că Spallanzani (1729—1799) îşi consacrase ultimii ani din viaţă cercetării sistematice a modului cum se produce respiraţia la nevertebrate şi la vertebrate. Urmînd şi extinzînd ideile lui Lavoisier, Spallanzani a stabilit, prin mii de experienţe, că toate organele, toate ţesuturile absorb oxigen şi pun în libertate bioxid de carbon, că absorbţia oxigenului prin piele la batracieni şi reptile poate depăşi în intensitate absorbţia prin plămîni, pe scurt, că plămînul este, la animalele pulmonate, organul de expresie, dar nu de exerciţiu al unei funcţii coextensive a întregului organism. Disociind, prin experienţele sale, funcţia respiratorie de existenţa organelor pulmonare, Spallanzani a contribuit mai mult decît Lavoisier — graţie metodelor sale de fiziologie comparată — la crearea bazelor unei fiziologii generale.

[1] CF. BACHELARD, *La psychanalyse du feu*, cap. V: „Chimia focului, istoricul unei probleme greşite". — *N.A.*

B. DIGESTIA

Am văzut că Lavoisier socotea digestia drept unul dintre mecanismele care reglează maşina animală. Era deci normal ca el să-şi propună studierea acesteia şi să anunţe, în 1791, scrierea unor memorii în legătură cu această problemă, dar nici unul dintre caietele de care dispunem conţinînd lucrările sale nu ne permite să afirmăm că au fost întreprinse într-adevăr experienţe asupra digestiei. Lucrările lui Spallanzani privind această problemă, anterioare cercetărilor sale asupra respiraţiei, nu datoresc deci nimic lui Lavoisier, ci numai lui Réaumur.

DIFERITELE TEORII. Explicaţia fenomenelor digestiei a dat naştere, în prima jumătate a secolului al XVIII-lea, la două şcoli, şi s-ar putea spune, la două posterităţi, aceea a iatromecanicienilor şi aceea a iatrochimiştilor. În secolul precedent, Borelli redusese digestia la o acţiune mecanică de triturare din ce în ce mai fină, la care masticaţia reprezenta faza iniţială. Alături de Redi, el a scos în evidenţă forţa mecanică de dezagregare dezvoltată de pipota musculoasă a galinaceelor. Pitcairn şi Hecquet au dat explicaţii asemănătoare. Toate aceste teorii se opuneau acelora ale chimiştilor. Van Helmont arătase *(Sextuplex digestio alimenti humani)* că digestia are loc în stomac, sub acţiunea unui ferment acid pe care acesta nu îl produce, ci îl capătă de la splină. Apoi interveneau alţi fermenţi, ca cel al fierii şi al ficatului. Starling a atras atenţia că, în epoca în care numai bila era cunoscută ca secreţie ce se varsă în tubul digestiv, ipoteza lui van Helmont era într-adevăr mai puţin absurdă decît se pare. Atunci cînd Sténon a descoperit canalul excretor al parotidei (1662) şi a legat producerea salivei de funcţionarea acestei glande, Sylvius a putut considera (în 1663), fără extravaganţe, digestia ca un fenomen chimic care se desfăşoară sub acţiunea sucurilor de tipul salivei, explicaţie confirmată ulterior prin descoperirea sucului pancreatic, atunci cînd Graaf a practicat pe un cîine derivaţia canalului pancreatic (1664).

În secolul al XVIII-lea, Boerhaave combină aceste două explicaţii diferite. El vede în digestie un fenomen mecanic (masticaţia, apoi peristaltismul gastric), care se încheie printr-o operaţie chimică de dizolvare şi de putrezire (descompunere) sub acţiunea salivei şi a sucului gastric. Dar după Boerhaave, contrar părerii lui van Helmont, aciditatea sucului gastric este efectul şi nu cauza digestiei. Acţiunea chimică a unor alimente asupra celorlalte este declanşată de rămăşiţele subsistînd de la digestia precedentă.

Haller, elevul lui Boerhaave, consideră stomacul drept un fel de maşină a lui Papin, un fel de ceaun în care alimentele se macerează în condiţiile reunite de căldură, umiditate şi aeraţie. Căldura determină putrefacţia alimentelor, dar sucul gastric şi saliva, „amîndouă licori care tind să se alcalizeze", împiedică alimentele să se acrească cu totul. „Contrar caracterului acestor lichide şi, în sfîrşit, contrar naturii, aici nu se află deci nici un fel de ferment". Fără îndoială, Haller face să intervină printre aceste cauze acţiunea mecanică de contracţie a muşchilor stomacului, dar el nu constată nimic în aceste mişcări care

să se asemene cu triturarea întîlnită la păsările granivore lipsite de dinţi. Haller este de părere că bila distruge aciditatea naturală a alimentelor digerate în stomac, le expune mai mult putrefacţiei şi stimulează peristaltismul intestinal, că sucul pancreatic diluează bila şi îndeplineşte funcţii comparabile salivei. El îşi expune propriile sale vederi *(Elementa physiologiae*, vol. VI), după metoda sa obişnuită, prezentînd amănunţit multitudinea explicaţiilor propuse de alţi autori — aşa cum i se întîmplă de mai multe ori —, fără însă să întrevadă în vreuna dintre ele dărîmarea tuturor celorlalte. În felul acesta, Haller ajunge să citeze în mod elogios, dar fără să le acorde o importanţă specială, lucrările lui Réaumur.

EXPERIENŢELE LUI RÉAUMUR. Réaumur, ajuns celebru deja prin lucrarea sa *Mémoires pour servir a l'histoire des Insectes*, dă publicităţii, în anul 1752, observaţiile sale cu titlul *Sur la digestion des Oiseaux*. Pentru a se stabili asupra uneia dintre cele trei feluri de explicaţii propuse: triturarea mecanică, putrefacţia sau dizolvarea în sucul gastric, Réaumur îşi propune să folosească, în mod ingenios, regurgitaţia la şoimi făcînd-o pe una dintre aceste păsări să înghită şi apoi să regurgiteze la comandă mici tuburi de metal perforate şi conţinînd diferite alimente. Alimentele regurgitate nu prezentau nici un semn de putrefacţie; mai mult sau mai puţin avansată, digestia lor s-a făcut în mod evident cu ajutorul acţiunii mecanice a muşchilor. Tuburile protectoare conţineau urmele unui lichid opalescent, cu gust acru. În caz că acest lichid care dizolvă cărnurile, dar nu şi făinoasele, este cauza eficientă a digestiei, cărui solvent chimic îi poate fi el asimilat? Dacă o cauzalitate chimică este singurul agent determinant al fenomenului, efectul lui se poate observa oare în afara stomacului? Făcîndu-l pe şoimul său să înghită şi apoi să regurgiteze mici bucăţele de burete, şi obţinînd astfel cîteva picături de lichid, Réaumur încearcă să provoace o digestie artificială. Dacă la început el nu reuşeşte acest lucru, în schimb dobîndeşte cel puţin siguranţa că digestia nu este o putrefacţie. Murindu-i şoimul, Réaumur foloseşte alte animale, printre care un cîine şi nişte raţe. Din experienţele întreprinse el a tras concluzia că există două mecanisme diferite de digestie: prin măcinare mecanică, ca la ierbivore şi granivore, şi prin dizolvare chimică, ca la carnivore. Rezultatul experienţelor sale este de obicei negativ: sucul gastric nu provoacă putrefacţia alimentelor, ci o împiedică. Réaumur nu reuşeşte să determine cu exactitate natura acestui suc şi nici nu se poate pronunţa dacă el este sau nu condiţia necesară şi suficientă pentru producerea digestiei. Dar el a fost primul care a avut ideea unei tehnici experimentale: digestia *in vitro*.

APORTUL LUI SPALLANZANI. Spallanzani avea să exploateze această tehnică, începînd prin a reface experienţele lui Réaumur. Obişnuit prin studiile sale de naturalist să trateze problemele de fiziologie după metoda comparativă, Spallanzani a multiplicat experienţele pe cele mai diferite animale, mai înainte de a se lua pe el însuşi ca subiect de experienţă. Pentru a-şi porcura suc gastric, el făcea animalul să înghită mici bucăţele de burete, pe care le storcea apoi, sau deschidea stomacul păsărilor nemîncate. Spallanzani a fost acela care a

reușit să obțină prima digestie artificială, ținînd la subțioară, timp de două-trei zile, tuburi ce conțineau un amestec de suc gastric, carne sau boabe de grîu sfărîmate. Prin această experiență, el a putut să constate că dizolvarea acestor alimente se face fără nici un fel de putrefacție. Asupra acestui din urmă punct, concluziile sale au confirmat pe acelea ale lui Réaumur, dar el a fost nevoit să le contrazică în ceea ce privește diferența presupusă între două tipuri de digestie, mecanică și chimică. Atît la granivore cît și la ierbivore, funcția digestivă presupune existența sucului gastric. Totuși, în ceea ce privește natura acestui suc, Spallanzani nu știe mai multe decît Réaumur, nereușind nici măcar să-i dovedească aciditatea. Cel care a descoperit natura acidă a sucului gastric a fost Carminati *(Ricerche sulla natura del succo gastrico*, Milano, 1785), iar identificarea acidului clorhidric în sucul gastric a fost făcută mult mai tîrziu, în 1834, de către Prout.

Semnalăm că Stevens din Edinburgh publicase, în 1777, sub titlul *Dissertatio physiologica inauguralis de alimentorum concoctione*, aproape în același timp cu primul memoriu al lui Spallanzani *(Opusculi di fisica animale et vegetabile*, 1776), rezultatul cercetărilor experimentale asupra digestiei la om. Dar, spre deosebire de Spallanzani, Stevens experimentase pe un sărman saltimbanc, înghițitor de pietre, așa cum Réaumur făcuse cu șorecarul și Spallanzani cu găinile.

În cea de-a doua jumătate a secolului al XVIII-lea fusese studiat, în mod pozitiv, în primul rînd rolul stomacului în digestie. Cît despre metodă, cercetările asupra digestiei au rămas de fapt pur descriptive și calitative. Era vorba mai degrabă de a izola diferite cauze și a le da mai multe interpretări decît de a le măsura efectele. În aceasta constă marea deosebire față de lucrările lui Lavoisier asupra respirației. Aceste lucrări ridicau balanța, instrumentul chimistului, la demnitatea unui concept fiziologic. Sub aparența rigidității bilanțurilor energetice și a abstracției unei legi de conservare aveau să apară în curînd conceptele de metabolism, în organismul individual, și de balanță vitală, în biosferă. Fără să știe, fără să cerceteze, ca o ironie a istoriei științelor, Lavoisier, chimistul, îl absolvă de acuzația de extravaganță totală pe ilustrul medic al balanței, Santorio, părintele iatromecanicienilor.

C. CIRCULAȚIA

Ambiția de a determina, prin măsurare și calcul, legile fenomenelor fiziologice nu încetase să însuflețească cercetările iatromecanicienilor, care mai erau numiți, pe bună dreptate, și iatromatematicieni. Era de altfel justificarea cea mai puțin contestabilă a postulatelor lor. Circulația sîngelui și contracția mușchilor reținuseră din totdeauna atenția medicilor.

Aceste probleme nu au rămas numai sub forma unor teorii. Soluțiile lor posibile au avut, de asemenea, importanță pentru practica medicală și chirurgicală, și, în special, pentru modul în care trebuie să se administreze luarea de sînge. Nu ne surprinde deci faptul că medici ca François Quesnay (1694—

1774) şi Claude Le Cat (1700—1768) sau ingineri ca Vaucanson (1709—1782) au înfăţişat şi au pregătit construirea unor piese anatomice care pot fi puse în mişcare, adică, în cazul de faţă, a unor maşini hidraulice întruchipînd modele mecanice ale fenomenelor circulaţiei sanguine, ale digestiei şi, în general, ale tuturor funcţiilor principale ale organismului animal[2].

PRIMELE EVALUĂRI. În lucrarea *De motu cordis*, Harvey îşi rezumase constatările de anatomist şi observaţiile de vivisector. Calculul greutăţii sîngelui propulsat de inimă nu-l făcuse decît pentru a-şi întări convingerea că nu trebuie să admită că o astfel de cantitate de sînge ar putea fi secretată neîncetat de vreun organ oarecare şi răspîndită în organism. Borelli a fost primul care a observat că, în funcţia circulatoare, se manifestă un fenomen propice aplicării legilor mecanicii hidraulice. În consecinţă, el a încercat să calculeze forţa contracţiei sistolice. Pornind de la premisa că forţa de contracţie a unui muşchi este proporţională cu volumul său şi apreciind că volumul inimii umane este egal cu acela al maseterului şi al temporalului la un loc, Borelli a măsurat forţa de contracţie a acestora prin greutatea pe care o menţin în echilibru; conform datelor lui Borelli, această greutate ar fi de 3 000 de livre romane (1 livră = 327,45 g) şi exprimă, aşadar, şi forţa contracţiei cardiace. Cît despre presiunea comunicată sîngelui, el o evaluase, după deducţii savante, la 135 000 de livre!

La începutul secolului al XVIII-lea, în tratatul său *Tentamina medico-physica* (1718), James Keill (1673—1719) consacrase trei eseuri problemelor cantităţii de sînge, vitezei sîngelui şi forţei inimii. El evaluase la 100 de livre greutatea sîngelui la un om care cîntărea 160 de livre; la 5,23 picioare (1,60 m aproximativ), drumul parcurs de sînge în aortă timp de o oră; la o duzină de uncii (aproximativ 340 g), forţa inimii[3].

HAEMASTATICA LUI STEPHEN HALES. Stephen Hales, un iscusit experimentator, dar şi un cleric zelos, a publicat în volumul al doilea al lucrării sale *Statical Essays*, intitulată *Haemastatics* (Londra, 1733, trad. franceză cu adăugiri de Boissier de Sauvages, 1743), o contribuţie importantă la mecanica circulatorie. El făcuse mai înainte importante cercetări de botanică matematică. Astfel lucrarea sa *Vegetable Statics* (1727) conţine reproducerea aparatelor construite de el în vederea măsurării variaţiilor de presiune în rădăcini şi ramuri. Era deci firesc ca Hales să încerce să măsoare presiunea sîngelui în vase folosind un manometru făcut dintr-un tub lung de sticlă, pe care l-a racordat printr-o canulă fie cu jugulara, fie cu carotida sau cu artera crurală a calului, a cîinelui sau a oii. El a arătat că presiunea sanguină este diferită în artere faţă de vene (la cal sîngele urca cu 9 picioare — circa 2,80 m — în artera crurală

[2] În legătură cu aceste probleme vezi studiul lui A. DOYON şi L. LIAIGRE. *Jacques Vaucanson, mécanicien de génie*, Paris, Presses Universitaires de France, 1966 (capitolele V, VI şi VII). — *N.A.*

[3] Astăzi se admite că masa sîngelui este egală cu 1/3 din greutatea corpului omenesc, că viteza lui este de 50 cm/s în aortă, că lucrul corespunzînd pulsaţiei ventriculare stîngi este de 0,1 kgf. m. — *N.A.*

și cu 15 degete — circa 38 cm — în vena jugulară), că ea variază după sistolă și diastolă, că este caracteristică speciei animalului cercetat și că poate fi un test ideal pentru starea inimii.

Toți istoricii fiziologiei recunosc că hemostatica lui Hales *(Haemastatics)* reprezintă, făcînd abstracție de tatonările lui Borelli și Keill, singura lucrare importantă asupra fiziologiei circulației dinaintea tezei lui Jean Poiseuille, *Recherches sur la force du coeur aortique* (1828). Haller a cunoscut lucrările lui Hales și le-a menționat, dar considerîndu-le ca fiind o încercare de dezvoltare a ideilor lui Borelli, nu a reușit să observe noutatea conceptului de presiune arterială.

CONTINUATORII. Cu toate acestea, importanța și originalitatea cercetărilor lui Hales nu trebuie să umbrească meritele acelora care ulterior aveau să facă să avanseze rezolvarea problemelor de hemostatică și de hemodinamică. Daniel Bernoulli, fost profesor de anatomie la Basel între anii 1733 și 1751, este cel care a formulat pentru prima oară principiul unui calcul corect al funcției cardiace, ca produs al greutății pulsației ventriculare prin deplasarea sistolică. De asemenea, el a întreprins numeroase cercetări asupra scurgerii comparate a lichidelor în tuburi inerte și în vase vii *(Hydrodynamica*, 1738). Elevul său, Daniel Passavant (*De vi cordis*, 1748), a reluat — plecînd de la datele obținute de Hales asupra presiunii sanguine — calculul de funcționare cardiacă, rezultatele lui apropiindu-se de cele admise în prezent.

Încă la sfîrșitul secolului al XVII-lea se pusese în mod acut problema cauzelor deplasării sîngelui în vene, vase fără conexiune imediată cu arterele. Borelli, în ciuda forței pe care i-o acorda inimii, îi nega puterea de a împinge sîngele în vene. De aici importanța pe care au căpătat-o primele observații ale lui Malpighi (1661) și Leeuwenhoek (1690), care au utilizat microscopul în vederea cercetării circulației în vasele capilare din mezenterul broaștei și din coada mormolocului. Cowper făcuse o observație asemănătoare asupra mezenterului unei pisici (1697). Haller a fost acela care *(De motu sanguinis*, 1752) a extins, pînă la capilare, puterea inimii, observînd simultaneitatea pulsațiilor în artere și în capilare. Teoria iritabilității îi permitea — ca și doctrina lui Stahl a tonicității — să atribuie pereților vaselor capilare un rol auxiliar în realizarea mișcărilor circulatorii. Spallanzani a adus o contribuție importantă în rezolvarea acestei probleme prin următoarele sale memorii: „*Asupra circulației observate în universalitatea sistemului vascular*", „*Fenomenele circulației lente*", „*Mișcările sîngelui independente de acțiunea inimii*", „*Pulsația arterelor*" (1773)[4].

[4] Traducerea franceză a acestor memorii, făcută de Tourdes (1800), este precedată de o descriere literară a vieții lui Spallanzani, care împreună cu *Elogiu lui Spallanzani* de Jean Senebier reprezintă cel mai bun izvor de informații despre acest savant. Cf. cărții lui JEAN ROSTAND, *Les origines de la biologie expérimentale et l'abbé Spallanzani*, Paris, 1951. — N.A.

D. CONTRACŢIA MUSCULARĂ

Poate mai mult chiar decît circulaţia sîngelui, contracţia musculară şi efectele ei (stare, locomoţie şi activitatea corpului animal) s-au pretat la extinderea în fiziologie a conceptelor şi a teoremelor mecanicii. În studiile sale asupra mişcării animalelor, Aristotel comparase membrul animal articulat cu un aparat de ridicare sau de propulsie. Asimilarea carteziană a animalului cu o maşină adusese comparaţia aristotelică la dimensiunile unei teorii. Pe de altă parte, de cînd Erasistrat şi Galen scoseseră în evidenţă fenomenul paraliziei musculare consecutive ligaturării nervului corespunzător, devenise clasică explicaţia contracţiei muşchiului prin afluxul într-însul al spiritelor animale conduse de-a lungul nervului, plecînd din centrul cerebral.

La începutul secolului al XVIII-lea, acestea sînt încă cele două idei conducătoare ale miologiei în ceea ce priveşte efectele măsurabile ale contracţiei şi cauzele ei. Ulterior însă, evoluţia ipotezelor fiziologice va fi desigur strîns legată de progresele anatomiei, nu numai în ceea ce priveşte structura musculară, dar şi în aceea a nervilor şi centrilor nervoşi. Aceasta este una dintre cele mai bune ilustrări a ideii care se contura în acea epocă privitor la munca fiziologului: a pune anatomia în mişcare, după formula lui Haller *(fiziologia, anatomia animală)*. De altfel, această evoluţie este tributară luărilor de poziţie generale în ceea ce priveşte modelele explicative în biologie, mecanică sau chimie, aşa cum au fost preluate la sfîrşitul secolului precedent.

TEORIILE SECOLULUI AL XVII-LEA. Descartes, în lucrarea sa *Traité de l'homme* (apărută în limba latină în 1662, în limba franceză în 1664), explica contracţia muşchiului prin turgescenţa acestuia sub efectul strict fizic al unei presiuni pneumatice. Spiritele animale, împinse de inimă, distribuite de creier, canalizate de nervi, scurtau muşchii umflîndu-i şi provocau deplasarea pieselor scheletului apropiind punctele de inserţie pe oase ale tendoanelor.

De altfel, Willis *(Cerebri anatome*, 1664; *De morbis convulsivis*, 1667; *De motu musculari*, 1670) extrăsese din observaţiile sale clinice ideea că forma explozivă sau tetanică a contracţiei în anumite cazuri patologice nu se putea explica printr-un model mecanic uzual. El compara muşchiul cu o armă de foc şi credea că contracţia are cauze chimice, producînd un efect analog cu aprinderea bruscă a prafului de puşcă. Conform acestei ipoteze, nervii nu ar canaliza spre periferie o presiune pneumatică de origine centrală, ci ar drena un spirit subtil care, unindu-se cu sîngele, ar provoca pe loc aprinderea unui amestec chimic detonant.

Ilustrul anatomist Sténon îmbinase, în lucrarea sa *Elementorum myologiae specimen sive musculi descriptio geometrica* (1667), rezultatele unor disecţii fine ale ţesutului muscular cu principiile unei construcţii geometrice în scheme figurative. El arăta că muşchii sînt alcătuiţi din elemente simple, fibrele motrice, care formează un paralelipiped oblic prin dubla lor inserţie prin tendoanele lor, care pot fi comparate cu nişte unghiuri alungite şi aplatizate. El reconstituia astfel speciile morfologice ale muşchilor, urmînd o ordine raţio-

nală și dădea descrierii contracției forma unei probleme de geometrie privind o variație de suprafață în condiția volumului constant.

Borelli (*De motu animalium* (1680—1681) aplicase în mod sistematic principiile statisticii pîrghiei pentru măsurarea forței de contracție a mușchilor scheletului. Sub acest raport, lucrările sale, care au la bază imaginea aristotelică, sînt o extindere a fizicii matematice a lui Galilei și Descartes. Dar, spre deosebire de Sténon, Borelli era adeptul mecanismului intim al contracției fibrei. Pe de o parte, el se punea de acord cu chimiștii, atribuind cauzalitatea inițială a fenomenului unui proces local de fermentație și de fierbere a unui amestec de sucuri nervoase și sanguine. Pe de altă parte, el este adeptul unei explicații mecanice a contracției: în mușchiul format din fibre ordonate în șiruri de umflături și noduri, comparabile în mod mecanic cu niște lanțuri formate din inele elastice și deformabile, particulele dilatate din amestecul aflat în fierbere se inseră ca tot atîtea colțuri, deformînd în mod geometric structura sa.

Cele două suplimente făcute de Jean Bernoulli, *De effervescentia et fermentatione* (1690) și *De motu musculorum* (1694) la tratatul lui Borelli reeditat în 1734 la Napoli nu aduc nici o corectare fundamentală principiilor tradiționale de explicare și nu depășesc cu nimic concepțiile anatomo-matematice ale lui Sténon. De asemenea, ele nu rezolvă dificultățile mecanico-chimice ale lui Borelli. Bernoulli, ca și Borelli, își imaginează fibra musculară ca fiind compusă din vezicule dispuse în șirag și a căror tumefacție din momentul contracției se datorează afluxului în ele nu a sîngelui însuși, ci a aerului pe care acesta îl lasă să exale din globulele sale. Aparținînd unui alt secol și unui alt mod de calcul, Bernoulli aplică tehnicii de măsurare a scurtării fibrilare teoria curbelor și analiza diferențială. Dar, oricît ar fi ea de transcendentă geometriei lui Sténon, această matematică nu conferă mai multă putere de înțelegere acestui iatromatematism reîmprospătat.

INFLUENȚA ȘTIINȚEI NEWTONIENE. Transpusă, după cum s-a văzut, de către Bernoulli, prin calculele sale, în fiziologia mușchiului, știința newtoniană a pătruns aici și pe altă cale. Era inevitabil ca substituirea teoriei gravitației ipotezelor cosmologice carteziene să se extindă și în domeniul biologic. Newton însuși dăduse exemplul în lucrarea sa *Optiks* (1704), tratînd după aceeași metodă și în același stil, problemele fizice și fiziologice ale vederii, căutînd în vibrațiile eterice, transmise de nervi, cheia explicației fenomenelor de sensibilitate și de mișcare. Fără să-și schimbe cu ceva aspirațiile lor iatromatematice, mulți medici au devenit, la început, mai cu seamă în Anglia, iatronewtonieni, dacă ne putem exprima în felul acesta.

„În acestă epocă, spune K. Sprengel, filozofia lui Newton părea să indice chiar mai multor medici punctul unic de la care trebuia să se pornească pentru a face ca arta medicală să dobîndească o certitudine matematică" (*Histoire de la médecine*, trad. franceză, 1815, V, pp. 170-171).

Eforturi pentru a introduce teoria atracției universale au fost făcute mai cu seamă în teoria secreților. Dar nu vom menționa aici decît strădaniile depuse pentru reînnoirea teoriei mișcării musculare.

Se pare că James Keill a fost acela care a făcut (*Tentamina medico-physica*, 1718) prima încercare de a explica contracția musculară printr-o forță de atracție pe care o exercitau asupra sîngelui spiritele animale, avînd ca urmare dilatarea sferică a veziculelor din care se compunea fibra. Studiind contracția musculară în legătură cu funcția nervilor (*The English Malady or a Treatise of Nervous Diseases of All Kinds*, 1735), George Cheyne (1671 — 1743), asemenea lui Willis, încercă să combată ipoteza spiritelor animale și explică contracția prin efectele elasticității și ale atracției, fibrele musculare fiind excitate de vibrațiile unui eter intranervos, un fel de *medium* al principiului „inteligent" al oricărei mișcări. În orice caz, Cheyne se sprijinea pe autoritatea lui Newton pentru a respinge toate speculațiile asupra esenței acestor fenomene, admițînd ca foarte probabilă existența unui principiu animal de autoactivitate și de automobilitate. Bryan Robinson, în lucrarea sa *Treatise of the Animal Oeconomy* (1734), căuta cauza mișcării musculare în mișcarea vibratorie a unui eter animal.

Nu pare lipsit de interes să notăm că dacă în primele decade ale secolului al XVIII-lea se polemiza încă asupra existenței și naturii unui fluid nervos, precum și asupra intervenției în mușchi a spiritelor animale ca o condiție obligatorie a contracției sale, aceasta se datorește faptului că nu se cunoștea încă experiența crucială a lui Swammerdam. În 1658, acesta arătase în fața ducelui de Toscana că prin excitarea mecanică a nervului se putea provoca contracția unui mușchi excizat de broască încă mult timp după întreruperea oricărei legături dintre mușchi și măduva spinării, ori de cîte ori s-ar fi dorit și fără schimbarea volumului mușchiului. Din aceste trei amănunte ale experienței sale, Swammerdam a tras concluzia că fenomenul de contracție nu depinde de transportul prin nervi în mușchi a unui fluid de orice natură. Această experiență nu a fost însă cunoscută decît după publicarea ei de către Boerhaave în lucrarea sa *Bible de la Nature* (apărută în 1737 în neerlandeză, în 1738, în latină, în 1752, în germană și în 1758, în engleză).

TEORIILE LUI BOERHAAVE ȘI HOFFMANN. Explicația contracției musculare a fost, desigur, unul dintre subiectele asupra căruia s-au oprit, în mod diferit, cei trei mari teoreticieni din prima jumătate a secolului: Boerhaave, Hoffmann și Stahl.

Boerhaave a făcut caz, în această problemă, de eclectismul său obișnuit. Socotind fibrele musculare drept ultimele ramificații ale fibrelor nervoase, el consideră, asemenea lui Descartes, că nervii joacă rolul atît de fibre capabile de vibrații de o amploare variabilă, în funcție de tensiune, cît și de canale care conduc în mușchi spiritele secretate de creier. După el, contracția este provocată de presiunea fluidului nervos asupra fibrelor musculare.

Cît despre Hoffman este greu să hotărîm dacă clinica și patologia sînt acelea care au furnizat principiile sale fiziologiei sau invers. De fapt, el arată

că există cauze morbide care acționează mai cu seamă asupra componentelor organice solide, nervi sau mușchi, și că efectele acestor cauze se reduc la două feluri de stări opuse: atonie și spasm. Așadar, Hoffmann acordă o mare importanță tonusului, tensiunii fibrelor, iar explicația pe care el o dă acestui fenomen combină cum poate influența ideilor lui Boyle și Newton. Pe de o parte, el este convins că sîngele joacă un rol în contracție prin elasticitatea sa, cînd este comprimat în vezicula fibrei musculare; pe de altă parte, el crede în existența eterului ca o componentă esențială a fluidului nervos.

ANIMISMUL LUI STAHL ȘI ORIGINEA SA. Georges-Ernest Stahl avea un sentiment prea viu și direct despre ireductibilitatea organismului la o sumă de mecanisme (*Disquisitio de mecanismi et organismi diversitate*, 1706; *De vera diversitate corporis mixti et vivi*, 1707; *Theoria medica vera*, 1708) pentru a nu căuta să-și sprijine explicațiile fiziologice exclusiv pe concluziile anatomiste sau pe calculele fizicienilor. În mod paradoxal, în opoziția sa față de teoreticienii mecaniciști, acest teoretician este în primul rînd empiric. După părerea lui, în medicină trebuie consultată experiența, adică natura. Stahl reintroduce în fiziologie conceptele aristotelice ale finalității organice și ale sufletului, și aceasta din fidelitate față de hipocratism. Pentru Stahl, organismul este corpul în care toate părțile tind spre niște scopuri esențiale pentru apărarea integrității sale. Agregat al părților eterogene, corpul viu are o tendință naturală spre descompunere, contrariată de existența umorilor, ale căror mișcări vitale sînt reglementate de suflet. Deplasarea umorilor și a sîngelui în organism depinde de forțe și de presiuni cu totul diferite de forțele și presiunile mecanice, ceea ce justifică importanța pe care Stahl o atribuie mișcării tonice (*De motu tonico vitali*, 1692). Această manifestare tipică a forței vitale este operația unui agent imaterial, despre care Stahl spune că este sufletul rațional. Sub acest raport, și el este newtonian în maniera lui, refuzînd să presupună o diversitate de cauze pentru a explica efecte asemănătoare. Orice mișcare involuntară a ființei vii este, în măsura în care ea dezvăluie o finalitate, o mișcare determinată de suflet, deși fără un calcul explicit și fără o participare conștientă.

Atîtea comentarii ușoare i-au fost consacrate lui Stahl și atîta obscuritate subzistă în majoritatea comparațiilor stabilite între ideile sale și acelea ale lui Haller, încît nu ni se pare de prisos să precizăm aici un aspect cu caracter istoric sau doctrinal.

În teoria sa despre mișcarea tonică, Stahl alcătuiește, în mod original, o îmbinare de expresie și una de noțiune. Galen (*De motu musculorum*, I, VII, 8) a fost acela care a denumit mișcarea tonică drept ceea ce numim noi astăzi tonus de postură activă. Fabricius d'Acquapendente folosise aceiași termeni. Borelli înlocuiește însă termenul de *motus tonicus* cu acela de *actio tonica*. Dar noțiunea de tonicitate ca proprietate vitală fundamentală, ireductibilă a unei compoziții de efecte mecanice i-a fost sugerată lui Stahl de lectura cărților lui Glisson (1597—1677): *De natura substantiae energetica* (1672), *De ventriculo et intestinis* (1677). Studiind, sub denumirea de *perceptio*, ceea ce numim astăzi excitabilitatea țesutului, Glisson făcuse deosebi-

rea dintre *perceptio naturalis* — excitabilitatea directă a ţesutului, pusă în evidenţă de mişcările contractile ale ţesutului intestinal sau muscular excizat, independent de orice legătură cu sistemul nervos — şi *perceptio sensitiva*, cu ajutorul căreia reacţia locală de contractibilitate este transmisă creierului de nervi, devenind astfel conştientă. „Percepţiei naturale" îi răspunde mişcarea naturală, determinată de proprietăţile intrinsece ale fibrei, în timp ce „percepţiei senzitive" îi răspunde mişcarea senzitivă, adică conştientă, a punctului de plecare extern sau intern, adică periferic sau central[5].

Ceea ce Stahl înţelege prin tonicitate este proprietatea universală de excitabilitate şi de reactivitate a ţesuturilor. Dar el nu separă, ca Glisson, reactivitatea locală de reactivitatea de origine centrală. Orice reactivitate locală este expresia difuză a unui principiu vital indivizibil, sufletul. Principiul răspunde de mişcarea de tonicitate, caracteristică vieţii. Acesta este animismul lui Stahl, care pentru explicarea mişcării musculare făcea economie de multe instrumente mecanice şi de accesorii tradiţionale, dar, trebuie s-o spunem, cu preţul unui adaos de metafizică.

HALLER ŞI DOCTRINA IRITABILITĂŢII. Acum se poate spera să se ajungă la o schiţare mai precisă a originalităţii lui Haller şi să se înţeleagă mai bine rolul exercitat de teoriile sale fiziologice timp de aproape un secol. Pe de o parte, Haller ia act de nenumăratele experienţe efectuate asupra mişcării la animalele decapitate şi de observaţiile făcute asupra mişcărilor la feţii anencefali, pentru a renunţa la ipoteza că spiritele animale sînt cauza mişcării musculare. Pe de altă parte, el adoptă din lectura lucrărilor lui Glison şi Stahl concepţia proprietăţii vitale a ţesutului. Haller notează că orice mişcare a fibrei musculare se reduce la o contracţie la fiinţa vie, şi la o retracţie la cadavru, după secţionare. Asemenea lui Glisson, el numeşte această proprietate specifică a ţesutului muscular (ca şi a inimii şi intestinului) iritabilitate, şi afirmă că ea nu se observă nici la ţesutul celular, adică conjunctiv, nici la ligamente sau tendoane, nici la piele, dar persistă într-un preparat proaspăt de muşchi excizat, care nu are nici o legătură cu nervii sau cu creierul.

„Această forţă diferă cu totul de orice proprietate a corpului cunoscută pînă în prezent, şi observaţia este nouă. Ea nu depinde nici de greutate, nici de atracţie, nici de elasticitate, deoarece este proprie fibrei moi şi dispare în fibra care se întăreşte" (1747).

Această forţă de iritabilitate depinde în mod strict şi unic de structura muşchiului şi nu are legătură cu nervul, a cărui proprietate specifică este *sensibilitatea*. Haller este convins că îşi sprijină această distincţie pe experienţă sau, mai exact, pe experienţe, căci încercările sale de a separa şi a reuni ţesuturile şi organele, spre a constata prezenţa sau absenţa uneia sau alteia

[5] Cf. OWSEI TEMKIN *The Classical Roots of Glisson's Doctrine o Evolution* în („Bul. of the Hist. of Medic.", XXXVIII, nr. 4, 1964).

dintre aceste proprietăţi se ridică la cîteva sute[6]. Inima îi apărea lui Haller ca un organ eminamente iritabil, şi al cărei sînge excită fără întrerupere contracţia; vin apoi, în ordine, intestinul, diafragmul, muşchii scheletului. Haller admite şi o a treia forţă vitală specifică, deşi secundară, *contractilitatea*, proprie ţesutului celular (conjunctiv).

De fapt, Haller numea iritabilitate ceea ce fiziologii numeau contractilitate, iar contractilitate, ceea ce ei numeau elasticitate, şi sensibilitate, ceea ce ei numeau conductibilitate a nervului. Deosebirea dintre concepţiile lui Stahl şi cele ale lui Haller pot fi rezumate în felul următor: ei admiteau, şi unul şi celălalt, că contractilitatea ţesutului muscular ca reacţie faţă de un stimulent este o proprietate organică originală. De aici renunţarea lor la orice explicaţie de tip cartezian, chimic sau newtonian, a mişcării musculare. Stahl însă, denumind-o tonicitate şi făcînd-o dependentă de sensibilitate, adică de puterea inconştientă sau gîndită a sufletului, extindea această proprietate la totalitatea ţesuturilor organismului. Haller, dimpotrivă, dînd contractilităţii numele de anterior (Clisson)[7] şi posterior (Brown, Broussais, Cl. Bernard), atribuit unei proprietăţi generale a reactivităţii organice şi constatînd că contractilitatea şi sensibilitatea sînt de fapt disociabile, trage concluzia că iritabilitatea nu are legătură nici cu sufletul, nici cu nervii. Doctrina lui Stahl dădea dovadă de un vitalism de principiu, întemeiat pe filozofia animistă, în timp ce aceea a lui Haller, de un vitalism de fapt, afirmarea specificităţii reacţiilor organice invitînd pe fiziologi să-şi făurească ei înşişi principiile lor de explicare, fără să spere că le pot împrumuta.

CERCETĂRILE ULTERIOARE ASUPRA CONTRACŢIEI MUSCULARE. Sprengel a prezentat în mod detaliat soarta pe care contemporanii şi succesorii au impus-o teoriei forţelor elementare ale corpului animal în eforturile lor de a o confirma sau ataca. Să notăm numai că în anul 1753, Academia din Berlin şi-a ales ca temă de concurs explicarea acţiunii muşchilor, premiul fiind decernat lui Claude Le Cat pentru o expunere al cărei titlu este suficient pentru a ne face să înţelegem că independenţa funcţiilor muşchiului şi nervului nu era universal acceptată nici în timpul vieţii lui Haller: *Traité de l'existence, de la nature et des propriétés du fluide des nerfs et principalement de son action dans le mouvement musculaire.*

Este posibil ca, supunînd o astfel de temă la concurs, Academia din Berlin să fi căutat să imite Royal Society care înfiinţase — datorită lui W. Croone (1633—1684), autorul lucrării *De ratione motus musculorum* (1664) — aşazisele *Croonians Lectures*, conferinţe consacrate problemei acţiunii musculare, dintre care primele vor fi acelea ale lui Alexander Stuart, *Three Lectures on Muscular Motion* (1737), şi a cărei listă a fost stabilită între anii 1738 şi 1791 de către J.F. Fulton. Existenţa unei astfel de fundaţii este suficientă

[6] *De partibus corporis humani sentientibus et irritabilibus*, Göttingen, 1753; *Mémoires sur la nature sensible et irritable des parties du corps animal*, trad. franceză, Lausanne, 1757.

[7] În lucrarea *De ventriculor et intestinis*, cap. VI, cu titlul „De irritabilitate fibrarum".

pentru a ne da seama de interesul pe care îl stîrneau în secolul al XVIII-lea problemele contracției musculare.

În sfîrșit, pentru a arăta că fiziologia vitalistă a contracției nu rămîne pur speculativă, trebuie să menționăm lucrarea în care Barthez (1734—1806) aplică legile forței vitale a mușchilor — mai apropiată, după el, de tonicitatea lui Stahl decît de iritabilitatea lui Haller — descrierii și explicării mișcărilor de locomoție la animale (mers, salt, înot, zbor etc.): *Nouvelle mécanique des mouvements de l'homme et des animaux*, 1798. Este cea mai importantă lucrare care se ocupă de această problemă, după tratatul lui Borelli, lucrare în care Barthez contestă principiul fundamental, împrumutat de la Gassendi, și anume că animalul progresează prin reacția elastică a mediului.

Terminînd rezumatul studiilor asupra contracției musculare, dominată de prestigiul fiziologiei halleriene, trebuie să menționăm că lichidarea explicațiilor mecaniciste de către teoria iritabilității deschidea, în ultima decadă a secolului al XVIII-lea, calea spre alte tipuri de cercetări asupra contracției musculare, plecînd de la experiențele lui Galvani asupra electricității animale și de la lucrările lui Lavoisier privind respirația și energetica organismelor vii. Între clipa în care Lavoisier și Séguin constată proporționalitatea directă a raportului dintre exercițiul muscular și consumul de oxigen (1789) și momentul în care Regnault și Reiset (*Recherches chimiques sur la respiration des animaux*, 1849) stabilesc cu exactitate, prin măsurare, reacțiile chimice fundamentale ale funcției musculare, o mulțime de ipoteze, mai mult metrice și mai puțin fanteziste, tind să explice contracția musculară prin fenomene chimice. Încă din anul 1801, în lucrarea sa *Nouveaux éléments de physiologie*, Richerand nu se referă decît la ipoteze chimice ori de către ori încearcă să descrie fenomenul contracției musculare. K. Sprengel își îmbogățește an de an lista acestor ipoteze în rezumatul său critic al istoriei medicinii din ultimii zece ani ai secolului al XVIII-lea. Desigur, ipotezele menționate nu prezintă decît un interes pur literar. Dacă menționăm faptul că, în expunerea sa, *Von der Lebenskraft*, ilustrul anatomist J.C. Reil (1759—1813) își permite să schițeze împotriva vitalismului un materialism chimic, o facem pentru că acest eseu inaugurează, în anul 1796, faimoasa publicație, fundată de Reil însuși, „Archiv für die Physiologie."

E. FUNCȚIILE NERVILOR ȘI ALE SISTEMULUI NERVOS

Dacă teoria halleriană a iritabilității fibrelor musculare a adus fiziologiei musculare serviciul incontestabil de a eliberea spiritele de sub influența schemelor mecaniciste și de a le face receptive și favorabile unor noi metode de studiu, începînd de la primele succese ale lui Lavoisier în domeniul biochimiei, nu același lucru se poate spune despre fiziologia sistemului nervos. Disociind la maximum funcțiile mușchilor de cele ale nervilor, Haller a contribuit, fără să-și dea seama, la întunecarea sensului și importanței lucrărilor unei ple-

iade de observatori ingenioşi şi de experimentatori iscusiţi, care se străduiau, prin analiza condiţiilor de manifestare a mobilităţii involuntare, să stabilească relaţiile exacte dintre mişcare şi sensibilitate.

Sub acest raport, observaţiile şi experienţele pe care fiziologii din a doua jumătate a secolului al XIX-lea le puteau găsi în lectura operelor lui Stahl aveau o forţă stimulatoare mult mai puternică. Orientîndu-i spre noţiunea de fiinţă vie care se conservă şi se comportă teleologic ca un tot, animismul le sugera acestora o idee conducătoare mai exactă despre funcţiile regulatoare şi coordonatoare ale sistemului nervos. Această idee venea să susţină şi să anime interesul pe care medicii clinicieni îl acordau în mod tradiţional faptelor de „simpatie", adică reacţiei la distanţă, atestînd structura organică ca un *consens* de organe şi de funcţii.

DIFERITELE EXPLICAŢII ALE MIŞCĂRII AUTOMATE. Cea mai importantă problemă a fiziologiei nervoase din acea epocă era de a stabili concomitent, pe de o parte, relaţia dintre conductibilitatea excitaţiilor (condiţii iniţiale ale mişcărilor) şi senzaţiile ca formă conştientă a excitaţiilor, iar pe de altă parte, relaţia dintre inervarea muşchiului şi funcţia sa contractilă. Soluţiile acestei probleme comportau, în mod necesar, luarea unor poziţii privitoare la sediul şi la organele sensibilităţii. Prezentarea lor într-un tablou de ansamblu părea să permită înţelegerea mai exactă a originalităţii respective a autorilor lor.

Un fapt cunoscut din totdeauna, dar conceptualizat mai întîi de către Aristotel şi Galen, este prezenţa mişcărilor involuntare, de multe ori inconştiente, unele zise vitale, cum ar fi pulsul, altele animale, cum este contracţia pupilei sub efectul luminii. Dar există, desigur, mai multe explicaţii posibile ale acestei determinări inconştiente a reacţiei prin excitaţie.

Cine socoteşte creierul ca un depozit de spirite animale şi ca locul de origine al nervilor care distribuie aceste spirite, cît şi ca sediu, fie în totalitate, fie în parte, al unui suflet complet sensibil, voluntar şi rezonabil, trebuie să admită că, în anumite cazuri de automatism, legătura cerebrală între excitaţie şi reacţia consecutivă nu poate juca decît un rol mecanic. Acesta este cazul lui Descartes în secolul al XVII-lea şi al lu Astruc, în secolul al XVIII-lea.

Cine ia în consideraţie mişcările organelor izolate (de exemplu, cele ale inimii excizate de broască), cele ale animalelor decapitate (batracieni, reptile, păsări) sau cele ale feţilor anencefali (observaţiile lui Haller, Le Cat, Winslow, Prochaska etc.), şi prin urmare nu consideră că releul cerebral este necesar în relaţia de excitare şi de mişcare, poate să ezite, de altfel, între două explicaţii.

Dacă, din punctul de vedere al înţelegerii şi al extensiei lor, concepţiile despre sensibilitate sînt identificate cu conştiinţa senzitivă şi dacă se ia creierul drept organ al conştiinţei senzitive, te simţi antrenat, prin constatarea mişcărilor automate inconştiente, să negi existenţa unui releu cerebral ca o condiţie necesară a mişcării. Haller, care concepea iritabilitatea ca o reacţie specifică a unor ţesuturi la un excitant local, împinge pînă la limită această tendinţă de descentralizare.

Dacă, din contra, presupunem că sensibilitatea şi conştiinţa sînt două concepte care nu se suprapun, că funcţiile sufletului se împart cel puţin în ceea ce priveşte sediul, şi că sensibilitatea poate să nu fie conştientă chiar dacă are un sediu central, atunci poate exista o ezitare între două moduri de a concepe un sediu central al sensibilităţii inconştiente.

Dacă admitem că nervii primesc de la encefal spiritele animale pe care le canalizează, continuînd să menţinem exclusivitatea unui sediu encefalic al sufletului, trebuie să recunoaştem în acest sediu existenţa unor trepte distincte şi separate. Acesta este cazul lui Willis în secolul al XVII-lea.

Dar dacă spiritele animale de origine cerebrală sînt înlocuite printr-o forţă nervoasă *(vis nervosa)* coextensivă a sistemului nervos, se poate presupune existenţa altor centri de sensibilitate şi de coordonare senzitivomotrice decît creierul. Aceasta înlesneşte presupunerea existenţei unui fel de sensibilitate care nu se resimte, datorită mai cu seamă unui fapt asupra căruia ideile lui Stahl au atras atenţia mai multor observatori, ştiind că mişcările animale, chiar cele automate, conservă un simţ de adaptare şi de autoconservare a organismului, şi, prin urmare, nu pot fi reduse la un simplu mecanism, şi că închid în ele o legătură cu unele funcţii fundamentale, deşi psihic obscure. Este cazul lui Whytt, Unzer şi Prochaska în secolul al XVIII-lea, şi cel al lui Pflüger, în secolul al XIX-lea.

În această ultimă poziţie, explicaţiile mişcării automate se sprijină încă pe suflet, ca *sensorium commune*, adică pe puterea de sensibilitate comună, nediscriminatorie. Se fac cercetări anatomice asupra structurii cerebelului şi a măduvii spinării care interferează cu încercările de localizare extra — şi infracerebrală ale lui *sensorium commune* şi cu analiza experimentală a bazei nervoase a fenomenelor motorii. Ideea mişcării reflexe s-a format încetul cu încetul în decursul secolului al XVIII-lea, prin verificarea mărturiilor tuturor acestor cercetări.

LOCALIZAREA LUI SENSORIUM COMMUNE ŞI FORMAREA CONCEPTULUI DE MIŞCARE REFLEXĂ. Descartes arătase, în lucrarea sa *Description du corps humain* (1664), că dacă sufletul nu poate determina o mişcare în interiorul corpului decît cu condiţia dispoziţiei convenabile a organelor, din contră, „... cînd un corp are toate organele dispuse pentru vreo mişcare, el nu are nevoie de suflet pentru a o produce". Şi lucrarea *Traité de l'homme* era o demonstrare a maşinii umane în stadiul în care, înainte de unirea ei cu sufletul, nu este încă un organism uman. În raporturile sale senzitivo-motoare cu mediul, o funcţie esenţială a acestei maşini era relaţia de dependenţă constantă între excitare şi mişcare, fără un fapt important în domeniul conştiinţei. Descartes descrisese, în legătură cu acest efect, unele dintre fenomenele denumite pe atunci reflexe, cum ar fi reflexul pupilar, reflexul palpebral, reflexul de retracţie a unui membru ca urmare a unei arsuri, reflexul de extensie a membrelor superioare în momentul unei căderi etc.

Willis dăduse un exemplu tipic al aceluiaşi fel de mişcări prin reflexul de grataj (*scratch reflex* a lui Sherrington), mergînd chiar mai departe decît Des-

cartes, numind această mişcare *motus reflexus*, şi dînd o definiţie conceptului corespunzător:

„*Motus est reflexus qui scilicet a sensione praevia, tamquam causa evidenti aut occasione immediatius dependens, illico retorquetur* [Mişcarea este reflexă atunci cînd, depinzînd imediat de o senzaţie antecedentă atît ca o cauză, cît şi ca o ocazie manifestă, ea se întoarce instantaneu către punctul de origine]" (*De motu musculari*, 1670).

Willis admitea că orice mişcare presupune un flux centrifug de spirite animale ce pleacă de la encefal şi nu de la creier. El deosebea însă mişcările voluntare, comandate de creier (de exemplu, locomoţia), de mişcările naturale sau involuntare, comandate de cerebel şi de bulbul rahidian, cum ar fi respiraţia şi pulsaţia cardiacă. În mod corelativ, Willis distingea două suflete, unul senzitiv şi rezonabil şi altul senzitiv şi vital, comun omului şi animalelor (*De anima brutorum*, 1672). Delimitarea topografică a sediilor acestor două suflete era situată, la om, în corpurile striate, sediul lui *sensorium commune* al sufletului raţional. La acest nivel se opera discriminarea dintre impresiile senzoriale reflectate în mişcări, fără referire la conştiinţă, şi impresiile percepute ca atare de către suflete.

În secolul al XVIII-lea, Vieussens (1641-1715), Boerhaave, La Peyronie (1678-1747), Lorry (1725-1785), Haller, pentru a nu cita decît pe cei mai de seamă dintr-o mulţime de anatomişti, i-au atribuit lui *sensorium commune* sedii organice diferite, după ideea pe care şi-o făceau — în urma tehnicii lor de disecţie şi a rezultatelor obţinute în zonele cerebrale de origine a nervilor. Către sfîrşitul secolului al XVIII-lea, marele anatomist Sömmering (1755—1830) nu s-a temut să localizeze *sensorium commune* în serozitatea ventriculelor cerebrale (*Über das Organ der Seele*, 1796), părere pe care Kant n-a dispreţuit-o, ci, dimpotrivă, a examinat-o.

Nu este deci de mirare că Jean Astruc (1684—1766) din Montpellier situează simţul comun în substanţa medulară (substanţa albă) a creierului. Această localizare permite autorului să dea o explicaţie fenomenelor de simpatie care conţin (din nou după Willis) noţiunea de mişcare reflexă (*An sympathia partium a certa nervorum positura in interno sensorio*?, 1736). Cum se face că atunci cînd o parte din organism este stimulată sau lezată, o altă parte, situată la distanţă de prima, reacţionează? Astruc refuză să accepte explicaţia, frecventă în acea epocă, după care unele fibre de comunicaţie ar lega între ei nervii. După părerea lui, toate fibrele nervoase sînt separate şi independente, de la creier pînă la periferie. Astruc explică reacţia de simpatie prin reflexia fizică a impresiilor în măduva cerebrală. Cînd spiritele animale, zguduite de o excitaţie, dirijate spre creier prin nerv, vin să lovească una dintre fibrele contexturii medulare, se poate întîmpla ca, fiind... „reflectate după o direcţie care face un unghi de reflexie egal cu unghiul de incidenţă", ele să intre în orificiul unui nerv motor situat pe această direcţie reflectată.

Exemplul ales de Astruc este strănutul: iritaţia nărilor determină prin simpatie contracţia diafragmului, „... după un mecanism comod, rapid, simplu şi care poate fi adaptat interpretării tuturor simpatiilor de acelaşi gen". Trebuie să menţionăm, în trecere, că Haller a cunoscut şi a citat această expli-

cație a simpatiilor, dar fără să-și dea seamă de răsunetul pe care ea l-ar putea avea pentru teoria automatismului mișcărilor. Doctrina sa despre iritabilitate îi interzicea acest lucru.

ROBERT WHYTT. CONCEPȚIA SA DESPRE FUNCȚIILE MĂDUVEI SPINĂRII. Respingînd, ca și Astruc, explicația simpatiilor prin comunicații extracerebrale între nervi, însă fără a fi de acord cu ideile mecaniciste ale acestuia și fără să admită, cum spune Haller, o iritabilitate musculară separată de sensibilitate, Robert Whytt (1714—1766) din Edinburgh avea să schițeze o concepție cu adevărat novatoare a funcțiilor măduvei spinării. În lucrarea sa *Essay on the Vital and Other Involuntary Motions of Animal* (1751), el se străduiește să dovedească, prin observații și prin experiențe, că mișcările sînt întotdeauna efectul unei determinări a sufletului, ale cărei cauze se găsesc sau în percepția explicită, sau în senzația confuză a aplicării unui stimul asupra organismului. Ideea sa conducătoare în explicarea mișcărilor involuntare este că acestea au un scop evident, și anume îndepărtarea cauzelor care declanșează impresiile dezagreabile. De exemplu, contracția de acomodare a pupilei la lumină nu ar fi dependentă de acțiunea directă a luminii asupra irisului, ci de întunericul supărător transmis sufletului prin retină și nervul optic. „Sfîrșitul general al tuturor acestor mișcări este de a îndepărta ceea ce irită, ceea ce deranjează sau ceea ce tulbură armonia funcțiilor economiei animale". Sensul vital al tuturor mișcărilor (pe care Whytt nu se sfiește să le compare cu sensul moral, imediat, absurd) este acela care interzice să se atribuie mișcărilor cauze pur mecanice. Dar Whytt nu se recunoaște a fi un „stahlian", adică unul dintre aceia care... „și-au imaginat că pentru a explica aceste mișcări nu te poți servi de suflet decît admițînd cu totul părerile stahlienilor". Principiul senzitiv nu este sufletul rezonabil și calculat sau, mai exact, el este chiar acel suflet — căci nu există două suflete — care să renunțe să calculeze și să raționeze, limitîndu-se a fi o sensibilitate imediată și deci inconștientă. Fiziologic, aceasta înseamnă că mușchiul nu se contractă decît dacă este inervat și stimulat senzitiv, adică pus în legătură cu sediul sufletului. Or, Whytt cunoaște argumentele pe care Haller le folosește în sprijinul teoriilor sale din constatarea mișcărilor animalelor decapitate sau a organelor izolate. Așa începe Whytt să bănuiască rolul măduvei coloanei vertebrale pentru determinarea senzitivă a mișcării...

„căci măduva coloanei vertebrale nu pare să fie numai o prelungire a creierului și a cerebelului; probabil că ea produce, prin ea însăși, un fluid nervos, și din această cauză mișcările vitale și altele continuă să dureze încă mai multe luni la o broască țestoasă căreia i s-a tăiat capul".

Într-o lucrare ulterioară, apărută în anul 1764, și tradusă în franceză în 1777, sub titlul *Traité des maladies nerveuses, hypochondriaques et hystériques*, Whytt descrie experiența făcută încă de Alexander Stuart (în 1736) și care constă în înțeparea labei posterioare a unei broaște decapitate.

„Se observă că... de obicei survin cele mai puternice convulsii nu numai în picior și în coapsă, ci și în trunchi sau corpul propriu-zis. Cîteodată broasca se agită atît de puternic, încît își schimbă locul". Or, aceste mișcări de simpatie — numite astăzi reflexe — încetează de îndată ce legătura dintre organul excitat și creier sau măduva spinării (originea tuturor nervilor) este întreruptă: „Majoritatea mușchilor piciorului și coapsei (unei broaște) se contractă chiar după ce animalului i s-a tăiat capul, cu condiția ca măduva coloanei vertebrale să fi rămas întreagă; de îndată ce această substanță medulară este distrusă sau îndepărtată, fibrele mușchilor iritați au, într-adevăr, o ușoară tremurătură, dar mușchii înconjurători rămîn într-o nemișcare totală."

Whytt nu pronunță cuvintele de reflectare a impresiilor, deși ele figurau la Astruc într-un context de fiziologie mecanică. El este însă primul care a scos în evidență, fără să-l denumească, rolul măduvei spinării.

CRITICA LUI UNZER. J.A. Unzer (1727-1799) îl critică pe Whytt făcînd distincție între sentimentul nervului și sensibilitatea propriu-zisă prin suflet, deși aceasta este ireductibilă la un fenomen mecanic. Desigur că organismul animal este un sistem de mașini, dar aceste mașini sînt naturale sau organice, adică ele sînt mașini pînă în cele mai mici părți, cum s-a exprimat Leibniz. O mașină animală nu este necesar să aibă un creier și un suflet. Aceasta nu determină totuși forța nervoasă, la ființele fără creier, de a fi altceva decît o simplă acțiune mecanică. Forța nervoasă este o forță de coordonare și de subordonare a mașinilor organice. Pentru a fi pusă în mișcare această forță, este suficient ca ganglionii, plecșii, care sînt de fapt noduri de încrucișare, să permită unei impresii nervoase de origine externă să se reflecteze într-o excitație de origine internă dirijată către unul sau altul dintre organe. Așa se explică mișcările unui polip, animal fără creier; această explicație este, de asemenea, valabilă pentru vertebratul decapitat.

„O astfel de acțiune nervoasă datorită unei impresii senzitive interne, însoțită de reprezentare, plecînd de la o impresie senzitivă externă reflectată este, de exemplu, ceea ce se întîmplă cînd o broască decapitată sare dacă i se înțeapă un deget" [*Erste Gründe einer Physiologie der eigentlichen thierischen Natur thierischer Körper*, 1771, § 495 (Principiile fundamentale ale unei fiziologii privind natura specifică a organismelor animale)].

Se vede în ce constă originalitatea lui Unzer, în refuzul de a identifica antimecanicismul și animismul; descentralizarea fenomenului reflectării excitațiilor, pe care Willis și Astruc n-au știut să o conceapă decît atribuindu-i un sediu cerebral.

SINTEZA LUI PROCHASKA. G. Prochaska (1749—1820), profesor de anatomie și de oftalmologie la Praga și la Viena, avea să reușească să îmbine observațiile lui Whytt asupra modului de funcționare a măduvei spinării cu ipotezele lui Unzer despre extensia în afara creierului a funcției nervoase reflexe. În expunerea sa *De functionibus systematis nervosi commentatio* (1784), Prochas-

ka arată că fiziologia sistemului nervos se ocupă prea mult de creier, că ea a ignorat anatomia comparată și, că pînă la Unzer, ea nu a cunoscut faptul că forța nervoasă *vis nervosa* (de acum înainte nu se va mai vorbi de spirite animale) necesită numai integritatea relației fibrei nervoase cu *sensorium commune*, distinct de creier. Nervul senzitiv poate, fără să aibă vreo legătură cu creierul, ca prin simpla legătură cu nervul motor inserat pe mușchi, și prin mediația lui *sensorium commune*, să ajungă la transformarea unei impresii în mișcare. Chiar dacă Prochaska nu renunță încă definitiv la ideea după care măduva spinării este un fascicul de nervi, el afirmă categoric că ea este, împreună cu bulbul, sediul lui *sensorium commune*, condiția necesară și suficientă pentru funcționarea nervilor, și pe care secționînd-o, se împarte forța nervoasă fără a o desființa, ceea ce explică persistența excitabilității și mișcării în cazul broaștei a cărei măduvă a fost secționată. După părerea lui Prochaska, reflectarea impresiei în mișcare se operează la nivelul măduvei. Contrar lui Astruc, Prochaska nu consideră această reflectare drept un fenomen pur fizic, care nu se supune decît unei legi asemănătoare aceleia a reflectării optice. Dar, asemenea lui Whytt, Prochaska crede că reflectarea medulară a impresiilor nervoase se realizează în virtutea unei legi biologice de conservare a vieții. Exemplele aduse de Prochaska sînt aceleași pe care Descartes și, respectiv, Astruc le descriseseră: închiderea pleoapelor și strănutul. Mai bine decît toți predecesorii săi, Prochaska definește raportul dintre mișcarea reflexă și cea conștientă; el distinge, în mod expres, aspectul său de automatism obligatoriu de aspectul său de inconștiență facultativ și intermitent, și susține această distincție prin argumente de anatomie comparată. La animale, creierul vine să se adauge la *sensorium commune*. Și la om, sufletul i-a fost adăugat corpului de către Dumnezeu. Totuși „... el nu produce absolut nici o acțiune care să depindă în întregime numai de el, ci toate acțiunile sale se fac prin sistemul nervos ca prin instrumentul lor". Aici se vede că Prochaska se oprește acolo unde Descartes făcuse începutul: sufletul folosește, în cazul mișcărilor voluntare, un aparat care poate să funcționeze și fără concursul sau permisiunea sa. Dar contextul anatomofiziologic al acestei afirmații este foarte diferit, deoarece Prochaska concepe sistemul nervos nu „în general", ca Descartes, ci în serie, după seria animală, și ca o structură complicată și ierarhizată în mod progresiv, căreia creierul uman îi constituie încununarea, fără să înfățișeze tipul.

Cercetările de fiziologie nervoasă întreprinse de Whytt, Unzer și Prochaska au urmat o cale necarteziană, îndepărtîndu-se de postulatele generale ale mecanismului, și chiar folosind o metodă străină preceptelor carteziene. Analiza funcțiilor fiziologice nu putea fi împinsă mult înainte cîtă vreme ea se sprijinea numai pe anatomia organelor și pe analogiile mecanice. A diseca nu înseamnă, la drept vorbind, a împărți o dificultate. Din contra, metoda comparativă a funcțiilor și a structurilor corespunzătoare în seria animală permitea în fiziologia nervilor — ca și lui Spallanzani în fiziologia respirației sau a circulației — să se scoată în evidență aspectul primar al acestor funcții, mai lesne de priceput în cazul organismelor mai puțin integrate. Astfel, animalele zise „cu

sînge rece" (batracieni, reptile) ofereau observatorilor și experimentatorilor un material foarte propice pentru cercetare. Parcurgînd doar rezumatele de mai sus și tot se poate vedea că broasca a fost, dacă se poate spune așa, o bună prietenă a fiziologilor; ei au folosit-o mult și ea i-a servit bine.

APARIȚIA ELECTROFIZIOLOGIEI. Tot broasca a fost aceea care i-a permis lui Galvani din Bologna explorarea funcțiilor nervului în direcția în care fiziologii secolului următor aveau să progreseze atît de mult, datorită tehnicii electrofiziologice. Influența fluidului nervos din scînteia electrică asupra organismului era una dintre curiozitățile secolului și chiar dintre distracțiile sale. Dacă butelia de Leyda, construită în anul 1745, a fost folosită de Caldan din Padova pentru a studia efectele descărcării electrice pe inimă sau mușchi (1756), ea a fost utilizată de abatele Nollet pentru a uimi și a distra lumea, făcînd să sară, prima oară, 180 de soldați din garda regală, și a doua oară, 700 de călugări care se țineau de mînă, sub efectul descărcării unei butelii puternice. În mod mai puțin spectaculos, Whytt a observat, în anul 1751, efectul contractil și trofic al șocului electric asupra mușchilor paralizați. Walsh stabilise, prin experiențe făcute în orașul La Rochelle, în 1772, natura electrică a șocului provocat de către peștele-torpilă, fenomen pe care Haller, urmînd exemplul lui Borelli, îl considera ca fiind pur mecanic. Așadar, nu numai norocul i-a permis lui Galvani ca, în timp ce studia, în 1780, influența scînteii electrice asupra mușchilor coapselor de broască, să observe existența contracțiilor induse, fără scînteie, sub efectul unui arc compus din două metale diferite. Fiind inspirat de ideea că electricitatea este inerentă organismului însuși, el își continuă experiențele pentru a determina unde își are ea sediul, în mușchi sau nerv, și care dintre ei este conductorul (*De viribus electricitatis in motu musculari commentarius*, 1791). Polemica dintre Galvani și Volta, care contesta existența unei electricități animale, a inspirat numeroase lucrări, printre care acelea ale lui Valli și Alexander von Humboldt. Astfel, chiar în momentul în care funcția de respirație animală primea din partea chimiei prima sa explicație riguroasă, funcțiile nervului și ale centrilor nervoși își găseau în curentul electric mai mult decît un termen de analogie pentru explicarea naturii forței nervoase, un mijloc tehnic decisiv pentru analiza exactă a acestor condiții de funcționare. Rezultatele acestei tehnici analitice aveau să sporească de acum înainte atît ca număr, cît și ca precizie, mai cu seamă după ce, în primele decade ale secolului al XIX-lea, Legallois dovedise segmentarea funcțională a centrului medular (1809—1812), iar Charles Bell (1811) și Magendie (1822) făcuseră distincția dintre funcțiile motoare și cele senzitive ale rădăcinilor anterioare și posterioare ale nervilor rahidieni.

F. GLANDELE ȘI SECREȚIILE LOR

În aparență, ar fi fost mai în spiritul ordinii stabilite în fiziologie să fi schițat istoria teoriilor despre secreție după istoria circulației și înaintea istoriei fiziologiei musculare și nervoase. Dar relatarea studiilor relative la secreție

prezintă acum interesul deosebit de a confirma faptul că medicii fiziologi ai secolului al XVIII-lea au simțit din ce în ce mai puternic că este imposibil să se mulțumească cu schemele explicative ale iatromecanicismului.

Descartes *(Traité de l'homme)* și Borelli *(De motu animalium*, partea a doua, cap. IX și X) atribuiau glandelor structura și funcțiile unei site. „Bila, spune Borelli (Propoziția CXLV), poate fi separată de sînge în ficat, printr-un artificiu mecanic, fără ajutorul vreunui ferment." La modelul sitei, Baglivi *(De fibra motrice et morbosa*, 1701: *specimen libri primi*, X, 8) adăuga pe acela al filtrului. Articolul *Glanda*, pregătit de anatomistul Tarin pentru *Enciclopedia* lui Diderot și d'Alembert, rezumă excelent toate ipotezele timpului legate de reducerea secreției la o operație de cernere a diferitelor principii la nivelul porilor de diferite configurații. Controversa dintre Malpighi și Ruysch pe tema structurii anatomice a glandelor[8] — cel dintîi admițînd existența unui canalicul excretor închis la partea terminală a celor mai mici porțiuni secretoare ale glandei *(acinus)*, iar cel de al doilea, considerînd glandele ca niște gheme de vase, fără vreo membrană care să le separe de cavitatea secretorie — ia o întorsătură în favoarea lui Malpighi, grație experiențelor lui Ferrein (1693—1769), care folosise tehnica injecțiilor în canalul excretor (1749). În general însă, faptul că descoperirea unei funcții glandulare speciale favoriza ipoteza unei funcții specifice de separare a umorilor a trecut neobservat. În cel de al doilea volum (1760) al lucrării sale *Elementa physiologiae* (secțiunile I, II și III), Haller, care continua să prefere opinia lui Ruysch și nu pe cea a lui Malpighi, înmănunchează diferitele condiții cunoscute pînă atunci, cu scopul de a explica diversitatea secrețiilor și le adaugă, după cum se crede, variațiile capacității de iritabilitate a canalelor excretoare. Enumerarea teoriilor, făcută de el, cuprinde și explicația propusă de James Keill, care extinde la domeniul organismului animal acțiunea legii atracției universale a lui Newton. Caracterul selectiv al secrețiilor pare explicat în mod rezonabil prin atracția dintre părțile omogene ale sîngelui, atracție înlesnită de micșorarea vitezei circulatorii, proporțională cu depărtarea față de inimă.

Modelul newtonian al explicării acestui fenomen tinde să-l respingă pe cel cartezian — și asta nu numai din motive de ordin strict matematic. Puterea sugestivă a conceptului de atracție e legată și de ambiguitatea sa. Atracția, ca și afinitatea, evocă un fel de înclinare sau de orientare, de natură obscur-psihică. Raportul dintre organul secretor și lichidul secretat poate fi interpretat ca un raport de convenienţă sau de preferință. Secreția devine o alegere. Nu ne miră deci să găsim în *Enciclopedie*, în articolul *Secreția* — scris de un medic din Montpellier, Henry Fouquet (1727—1806) — , asemuirea fenomenului de secreție cu un fel de senzație, cît și ipoteza după care fiecare glandă, fiecare orificiu are preferința sa deosebită. Bineînțeles, Fouquet este mai degrabă un vulgarizator decît un teoretician și cu atît mai puțin un experimentator. Dar el nu face decît să folosească lucrările unuia dintre cei mai mari medici ai secolului, Théophile de Bordeu (1722—1776), ale cărui cercetări,

[8] Cf. L. BELLONI, *Auf dem Wege zur Elementardrüse als Secretionsmaschine* („Sudhofs Archiv", Bei-Heft 7, *Medizingeschichte in Spectrum*, 1966).

publicate sub titlul *Recherches anatomiques sur les glandes* (1751), ajung la concluzia că este imposibil să se admită că organe ca parotida, pancreasul, splina sau ficatul — situate în corpul animal — şi-ar putea datora proprietăţile secretorii pe care le au unor acţiuni mecanice externe, cum ar fi comprimarea. După părerea lui Bordeu, secreţia este o acţiune proprie glandei, un fel de spasm specific, depinzînd de acţiunea nervilor[9]. În locul iritabilităţii lui Haller, Bordeu introduce sensibilitatea ca principiu unic al explicării specificităţii secreţiei. În acest fel, şi această funcţiune — ca atîtea altele — este considerată tipic vitală, nu mecanică sau chimică.

Totuşi trebuie să menţionăm că, deşi resping explicaţiile mecaniciste, autori ca Haller sau Bordeu mai păstrează încă un postulat comun cu adversarii lor — şi anume ideea că fluidele separate de masa sîngelui prin intermediul glandelor secretorii preexistă acolo sub o formă identică încă înainte de a fi secretate. Va trebui să aşteptăm secolul următor şi observaţiile histologice ale unor J. Goodsir (1814—1867), prin anii 1842—1845, R. Heidenhain (1834—1897), în 1868 şi 1874, L. Ranvier (1835—1922) în 1869, pentru ca secreţia să fie înţeleasă, la nivelul celulei vii, ca un travaliu fiziologic, ca o elaborare activă a unui produs fără un echivalent preexistent.

G. PRIVIRE DE ANSAMBLU ASUPRA FIZIOLOGIEI SECOLULUI AL XVIII-LEA

Către anul 1780, graţie lucrărilor lui Lavoisier şi ale lui Galvani, schemele explicative ale iatromecanicienilor erau definitiv depăşite. De acum înainte, chimia şi fizica aveau să-i procure fiziologiei modelele sale. Legile, în sensul newtonian al termenului, aveau să urmeze teoremelor mecanicii. Spiritul lui Newton, care a dominat ştiinţa acestui secol, reînnoia fiziologia nu atît printr-un import de concepte (s-a văzut sterilitatea încercărilor de a explica contracţia musculară prin atracţia la distanţă), cît printr-o emulaţie a metodelor. Plictisiţi de vanitatea atîtor explicaţii verbale concurente, fiziologii se orientau către proprietăţile specifice ale funcţiilor vitale. Dar ascendentul newtonianismului mai făcea încă să încolţească în multe spirite speculative un dogmatism doctrinal.

Dimpotrivă, concepţia vitalistă, care a fost cu prea multă uşurinţă supusă unei critici negative, nu s-a opus nici experimentării, nici formării unei concepţii asupra fiziologiei nervoase. Aşa-zisa şcoală din Montpellier, reprezentată prin Bordeu (1722—1776) şi Barthez, nu conţinea mai multă metafizică în ceea ce ea numea mişcare vitală sau principiu vital decît concepţia lui Haller în ceea ce el numeşte iritabilitate. Lucrarea *Nouveaux éléments de la science de l'homme* (1778) de Barthez poate trece drept un tratat sistematic de empirism

[9] Th. Bordeu are şi intuiţia vărsării în sînge a unor produşi glandulari. Oricum, el exprimă viziunea solidarizării umorale a părţilor organismului, teză care-l face un precursor al endocrinologiei. — *V.S.*

fiziologic plecînd de la un principiu de două ori negativ: „Principiul vital al omului poate fi conceput pe fundamentul unor idei distincte de acelea pe care ni le-am făcut privitor la însușirile corpului și sufletului". De asemenea, Bichat (1771—1802), care revendica, în lucrarea sa *Recherches physiologiques sur la vie et la mort* (1800), autonomia metodei biologice a fost de multe ori nedreptățit. Contrar fiziologilor newtonieni, observatori stricți, ca Keill, Bichat, nu afirma decît specificitatea legilor vitale și insista asupra instabilității fundamentale a fenomenelor vitale. De fapt, el nu spunea că aceste fenomene ar fi radical nedeterminate și anarhice, ci nega ideea că ele ar fi supuse unui determinism identic cu cel susținut de mecanica rațională. Bichat nu se putea gîndi încă la un determinism biologic de tip statistic, a cărui revelație progresivă, în decursul secolului al XIX-lea, avea să confere ideilor sale o semnificație inițial imprevizibilă. El era un newtonian precaut și metodic.

Cournot părea să-și fi dat seama bine despre originalitatea fiziologiei vitaliste:

„Vitalismul constă tocmai în a face să reiasă analogia pe care o prezintă, în uimitoarea lor varietate, toate manifestările vieții și în a lua aceste analogii drept fir conducător, fără nici o pretenție de a pătrunde esența vieții" (*Considérations sur la marche des idées et des événements dans les temps modernes*, ed. Boivin, vol. II, p. 136).

Această uimitoare varietate de manifestări ale vieții a fost studiată de fiziologii secolului al XVIII-lea sub toate formele animale inventate de viață, de la polip la om, de la broască la orangutan, această ciudată formă intermediară (denumită, în secolul al XVIII-lea, omul pădurilor), căreia Camper și Blumenbach i-au studiat, în ceea ce privește limbajul și inteligența, legătura cu omul. Dacă prin clasicism se înțelege un spirit de clasificare riguros combinat cu un spirit de generalizare matematică, fiziologia secolului al XVIII-lea nu este clasică. Ea transformă orice este viu într-o materie experimentală, se interesează de formele „intermediare", cum ar spune Leibniz, și dacă face generalizări, acestea respectă însuși sensul vieții, brodînd variații infinite pe unele teme. Este o fiziologie pitorească curioasă, de înmulțire a amănuntelor și de încurcare a căilor naturale.

Între înalta demnitate a sistemelor medicale de la începutul secolului, moștenitori ai dogmatismelor anterioare, și agitația restrînsă a cercetărilor experimentale din secolul al XIX-lea, fiziologia secolului al XVIII-lea reprezintă acest moment de împrospătare a unui studiu în care izbucnesc idei vechi în contact cu experiența, unde sînt permise multe lucruri de curaj, unde intuiția învinge explorarea liniștită a obiceiurilor, așteptînd ca noile tehnici, inventate adesea spontan, fără premeditare, să permită, prin convergența rezultatelor, de a distinge care dintre aceste intuiții erau neîntemeiate și care erau într-adevăr grefate pe problemele lor.

Această fiziologie tot atît de vie ca și viața, unde savanți ca Spallanzani și Séguin se oferă ei înșiși ca subiecte ale propriilor lor experiențe, pe același plan de investigații în care Whytt, Réaumur și Hales folosesc broasca, șorecarul și calul, este, în sensul cel mai serios și cel mai valoros al expresiei, o fiziologie baroc.

CAPITOLUL III
Medicina

În secolul al XVIII-lea filozofii au dat spiritului o orientare nouă, foarte diferită de aceea care marca Reforma și Contrareforma.

Pe tărîmul medical, simpatizanți voluntari ai materialismului au contribuit la progresul cercetărilor experimentale pure, dar au provocat și violente reacții din partea acelora care nu voiau să asemene corpul uman cu o simplă mașină supusă legilor naturii. Astfel, doctrinele și sistemele medicale care și-au luat atunci avîntul au susținut puncte de vedere diametral opuse. Medicina nu a rămas pe loc și numeroase studii aveau să marcheze progrese remarcabile față de secolele anterioare, purtînd cîteodată pecetea unei reale originalități.

A. APORTUL ANATOMIEI

ANATOMIA MACROSCOPICĂ. Anatomia, care jucase un rol atît de mare în timpul Renașterii, își atinsese maturitatea. Într-adevăr, secolul al XVII-lea a dus la bun sfîrșit lucrările marilor anatomiști din timpul Renașterii, în așa fel încît cunoștințele de anatomie macroscopică sînt profunde și foarte vaste. Anatomiștii, încă numeroși, vor pune mai întîi ordine, vor clasifica și vor prezenta sub o altă lumină, mai logică și mai didactică, tot ceea ce fusese descris mai înainte, și asta în toate domeniile, fie că este vorba de osteologie, sindesmologie, miologie, angeiologie, sistem nervos, splancnologie, de organe de simț sau de cele genitale.

Dintre aceștia vom cita pe germanul B.S. Albinus pentru studiul oaselor, pe italianul G.D. Santorini, pentru cel al mușchilor, pe germanul A.C. Thebesius, pentru studiile sale asupra circulației coronariene, pe italianul P. Mascagni pentru cercetarea vaselor limfatice, pe francezii J. Sénac, pentru studierea inimii și A. Ferrein, pentru cea a ficatului și rinichilor, pe germanul J.N. Lieberkühn, care a precizat rolul vilozităților intestinale, pe francezii Théophile de Bordeu, pentru cercetarea glandelor și a țesuturilor conjunctive, și Marie-François-Xavier Bichat, pentru aceea a membranelor, pe francezul J. Lieutaud și englezul J. Douglas pentru studiul peritoneului, pe francezul Félix Vicq d'Azyr pentru investigarea creierului, pe italianul A. Pacchioni, pentru studierea scoarței cerebrale, ca și pe germanul K.A. Bergen pentru cea a arahnoidei,

pe italianul A. Scarpa, pentru cercetarea nervilor, pe germanul H.A. Wrisberg, pentru studierea sistemului nervos abdominal, pe germanul J.G. Zinn și francezul P. Demours pentru cercetarea ochilor, pe italianul A.M. Valsalva, care a lăsat o operă remarcabilă în domeniul organelor auzului, pe englezul A. Monro, fiul, pentru studierea canalului seminifer etc.

La acest bogat mănunchi de anatomiști celebri din secolul al XVIII-lea se mai adaugă aceia care au lăsat tratate de anatomie scrise într-o manieră originală, străduindu-se mai cu seamă să vină în ajutorul chirurgilor prin redactarea unor lucrări de anatomie topografică, plan lîngă plan, așa cum apar ele, rînd pe rînd, sub bisturiul operatorului. Ne vom mulțumi să citățm numele celor mai de seamă autori: francezii P.J. Desault, R.B. Sabatier, J.L. Petit și J.R. Tenon, englezii W. Cheselden, A. Monro tatăl și John Hunter, care a avut o influență foarte mare la el în țară, germanii J.F. Hebenstreit și L. Heister, flamandul J. Palfyn, elvețianul A. von Haller, danezul din Paris J.B. Winslow etc. Această simplă enumerare arată că anatomia secolului al XVIII-lea a fost în primul rînd opera îmbinată a francezilor, germanilor, englezilor și italienilor.

ANATOMIA MICROSCOPICĂ. Anatomia microscopică, care a luat naștere în secolul precedent, marchează o perioadă de stagnare. Putem reaminti cel mult faptul că Bordeu descrisese țesutul mucos, cunoscut mai tîrziu sub numele de țesut conjunctiv, și Bichat, membranele. Totodată trebuie să menționăm introducerea termenului de „țesut" care se va generaliza în curînd, dar care nu va avea o semnificație cu adevărat histologică decît în secolul următor.

Infinitul mic este mereu la ordinea zilei, cu toate că ar fi dificil de afirmat dacă autorii care l-au studiat au dat dovadă de o prețiință sau de fantezie. În 1700, francezul N. Andry atribuie toate maladiile unor ouă răspîndite în atmosferă, care pătrund în organism prin piele, plămîni sau tubul digestiv, dînd apoi naștere la viermi. Aceste lucrări i-au conferit denumirea de *homo vermiculosus*. În 1722, J.B. Goiffon atribuie pesta unor insecte invizibile, care ar trăi în sînge, dar el nu a adus nici o dovadă palpabilă în favoarea afirmațiilor sale, la fel ca și A. Deidier pentru viermii săi venerieni. Lui M.A. Plenciz i se datorează o teorie importantă despre germenii patogeni specifici; cu toate că nu se sprijină pe nici o probă microscopică, această teorie este totuși adecvată.

ANATOMIA PATOLOGICĂ. Anatomia patologică macroscopică constituie unul dintre aporturile originale ale secolului al XVIII-lea, cu toate că existaseră și în trecut cîțiva autori care încercaseră să facă cercetări în acest domeniu. Toată lumea părea să fi înțeles interesul pe care îl comportă această nouă știință, dar a fost nevoie să se aștepte pînă în această epocă pentru ca să fie elaborată o lucrare de sinteză. Italianul G.B. Morgagni (1682—1771) și-a consacrat viața acestei importante probleme, sprijinit fiind de lunga sa experiență și de vasta lui erudiție. Opera lui, care s-a impus de la început tuturor contemporanilor, cuprinde, în realitate, toată anatomia patologică.

Dar lucrarea lui Morgagni, oricît de perfectă ar fi fost, nu era poate suficientă pentru a-i atrage un renume universal, dacă el s-ar fi mulțumit doar să descrie leziunile observate. Cel mai mare merit al său a fost acela de a nu fi pierdut niciodată din vedere clinica și, pentru fiecare caz în parte, de a fi stabilit toate relațiile posibile dintre simptomele observate pe viu și leziunile constatate pe cadavre. Cartea sa a devenit astfel un îndrumător prețios pentru clinicieni în stabilirea diagnosticelor.

În Franța, J. Lieutaud a încercat, dar foarte timid, să scrie o operă asemănătoare, în timp ce Vicq d'Azyr a redactat un excelent articol în *Encyclopédie* despre această știință. Cu toate că nu era un specialist, Bichat și-a întemeiat toată clinica pe anatomia patologică, stabilind, în mod definitiv, necesitatea cercetărilor pe cadavru a cauzelor morții. Să-l mai citäm, în Germania, pe C.F. Ludwig și în Anglia, pe M. Baillie. Acești autori au contribuit la dezvoltarea auscultației. Trebuie să menționăm, de altfel, că ei fuseseră precedați la începutul secolului de R. Vieussens, care descrisese în mod magistral insuficiența aortică.

B. SISTEMELE MEDICALE

La începutul secolului al XVIII-lea, două sisteme medicale își disputau întîietatea unui mare număr de savanți: iatrochimismul și iatromecanicismul, iar luptele dintre susținătorii celor două teorii erau extrem de vii[1]. Cu toate acestea, iatromecanicismul trebuia din cînd în cînd să facă apel la chimie pentru a explica anumite faze ale sistemului său, astfel încît anumiți cercetători, mai puțin fermi pe poziție, s-au gîndit că medicina va avea de cîștigat dacă va pune în aplicare, în același timp, ambele teorii. De aici au luat naștere două noi sisteme, care aveau să cunoască un succes uimitor datorită personalității autorilor lor, olandezul Hermann Boerhaave (1668—1738) și germanul Friedrich Hoffmann (1660—1742). Încetul cu încetul, termenii de solidism, umorism și animism vor înlocui vechile denumiri ale doctrinelor medicale, solidele, lichidele sau sufletul stînd la baza acestor două sisteme.

SISTEMUL LUI BOERHAAVE. După Boerhaave, corpul omenesc este format din solide care înoată în umori. Și unele ca și celelalte sînt însuflețite de mișcări ce caracterizează viața. Cînd aceste mișcări încetează, survine moartea. Boerhaave nu neagă existența sufletului, dar consideră că acesta, fiind imaterial, scapă tuturor observațiilor și trebuie să fie plasat deasupra vieții. El observă mișcările corpului, dar — rămînînd pe plan strict obiectiv — nu caută să analizeze cauzele care le provoacă. La mașina boerhaaviană mai participă trei alți factori: chimia, căldura și spiritele vitale. Digestia rămîne un fenomen mecanic, dar sucurile digestive trebuie să se amestece cu alimentele pentru a

[1] Amintim că aportul secolului al XVIII-lea în fiziologia umană și animală a fost studiat în capitolul precedent, de către G. Canguilhem. — *N.A.*

permite absorbția lor sub formă de chil. Căldura animală asigură coacerea alimentelor care, o dată ajunse în sînge, își încetinesc cursul la nivelul creierului, unde sînt astfel elaborate, datorită lor, spiritele vitale. Acestea din urmă, prin intermediul nervilor, asigură diferitele mișcări care însuflețesc organismul.

Într-un organism normal, solidele sînt în echilibru grație a două cauze: una externă, aerul, și alta internă, umorile. Dacă aceste cauze se modifică, are loc o trecere de la starea de sănătate la cea de boală. Acest rol predominant acordat solidelor justifică numele de solidism acordat acestui sistem.

Boerhaave este de părere că aerul poate să fie modificat sub aspectul proprietăților sale fizice: temperatură, umiditate, presiune. Vor exista astfel boli de aer cald și de aer rece, de aer umed, de aer uscat, de aer apăsător și de aer ușor, concepții care amintesc ideile galenice.

Umorile pot fi perturbate în mod mecanic sau chimic, în funcție de încetineala sau accelerația circulației lor, de fluiditatea sau viscozitatea compoziției lor. În sfîrșit, masa umorală poate să crească sau să scadă, fără ca prin aceasta să i se modifice compoziția, iar gradul ei de aciditate sau de alcalinitate poate să varieze. Ar putea să apară chiar o amăreală.

Cît despre spiritele vitale, greu de controlat, Boerhaave este de părere că ele pot fi alterate prin exces sau prin lipsă, ceea ce va avea o influență asupra fibrei, termenul drumului lor. El ajunge astfel la studiul principalelor fenomene observate în starea de boală: obstrucția, inflamația și febra, aceasta din urmă fiind pentru el un proces de reacție împotriva morții, și nicidecum o maladie. El face deosebirea dintre maladiile acute febrile și maladiile cronice, ultimele putînd să se instaleze spontan sau să derive din primele. Astfel, acest sistem se inspiră concomitent din ambele sisteme care l-au precedat și din variantele introduse de predecesorul lui Boerhaave la Leyden, Sylvius, care atribuia digestiei un rol mult mai important.

Tratamentul avea drept scop combaterea diferitelor afecțiuni prin alterante, evacuante, sedative, tonice, dar respectînd în același timp și preceptele de igienă. Această doctrină a avut numeroși adepți în Țările de Jos, în Austria și în Germania[2].

SISTEMUL LUI HOFFMANN. Sistemul lui Hoffmann consideră, și el, corpul omenesc ca pe o mașină și mișcarea ca pe o expresie a vieții. De altfel, el înlătură în mod hotărît sufletul, fără să-i nege totuși existența.

Mașina lui Hoffmann este, în esență, hidraulică: la baza acestui sistem stă mișcarea circulatorie a umorilor, de unde și denumirea lui de umorism. În

[2] Învățăturile lui Boerhaave au avut răsunet și în țările noastre, dar nu direct, ci prin elevul său Van Swieten (1700 — 1772), organizatorul învățămîntului medical din Viena.

Acolo au studiat medicii noștri cei mai proeminenți din epoca respectivă. Doctorul Teodorachi din Iași cunoștea și stima opera lui Boerhaave, ca pe aceea a lui Homer, scria Carra de Saint-Cyr. Alți elevi ai lui Van Swieten au fost transilvănenii A. Chenot, A. Wolff, K. Hesse, apoi D. Caracaș, C. Darvari, S. Filiti, J. Manicati etc., culminînd cu învățatul C. Caracaș. Influența școlii lui Boerhaave în țările noastre a durat pînă la jumătatea secolului al XIX-lea, cînd a fost înlocuită de prestigiul școlii medicale franceze. — *N.V.*

noțiunea de umoare, Hoffmann include atît sîngele și limfa, cît și sucul nervos. Cauza inițială a mișcărilor lor se datorește alimentelor, aerul fiind cu totul străin acestei fiziologii. Alimentele asimilate sînt conduse la creier prin intermediul sîngelui. Acolo este secretat un fluid nervos care va întreține mișcările și, prin urmare, contracțiile inimii, precum și mișcările dureimater (Hoffmann adoptă aici teoriile italiene din secolul al XVII-lea). Aceste mișcări comandă, la rîndul lor, secrețiilor, excrețiilor, peristaltismului intestinal și tuturor funcțiilor vieții vegetative, în afara meningelor. Această concluzie îi permite să admită că mișcarea poate să se datorească unei forțe inerente proprii, concepție care va sta la baza teoriilor halleriene.

În patologie, Hoffmann și-a dezvoltat sistemul pînă în cele mai mici amănunte, complicîndu-l. Bolile au o origine externă, pătrunzînd, în general, pe calea digestivă, simplă cale de trecere, și nu sediul bolii, așa cum susțineau van Helmont și Sylvius. În același timp, Hoffmann deosebește fazele tranzitului digestiv și atribuie maladii diferite fiecărui nivel. Umorile tulburate de un aport exogen anormal vor tulbura, la rîndul lor, esențele subtile, ceea ce va antrena în mod secundar perturbări în torentul circulator, în secreții etc. Hoffmann se oprește și asupra măduvei spinării, placă turnantă a nervilor periferici, afirmînd că perturbările cauzate în organism de agentul agresor nu au loc decît dacă această substanță nervoasă este atinsă. El consideră că anumite boli se datoresc aerului viciat de miasme, aer care servește ca vehicul și nu acționează prin proprietățile sale fizice, ca la Boerhaave. Un rol îl joacă și otrăvurile, alcoolul, climatul și aștrii, dar nu pot să-și exercite acțiunea lor nefastă asupra corpului omenesc decît dacă este atinsă măduva spinării. Această acțiune dă naștere la spasme sau la atonie care, la rîndul lor, produc dureri dacă ating o regiune sensibilă. Aceleași noțiuni se vor găsi și la Cullen, dar prin intermediul unei alte căi. Spasmele ar caracteriza maladiile acute, atonia, pe cele cronice. Febrele sînt maladii bine diferențiate, în funcție de diferitele nivele ale tubului digestiv.

Terapeutica va fi dublă, deoarece Hoffmann, păstrîndu-și încrederea în natură, preferă în același timp să o ajute de la început, deoarece, după părerea lui, există o fază de expectativă. El ține seama de toți factorii hipocratici susceptibili de a crea un teren deosebit: vîrstă, sex, temperament, climat, anotimp, fel de viață. Medicamentele vor fi de patru tipuri: calmante, întăritoare, evacuante și alterante. Hoffmann va folosi, în afară de celebra sa licoare anodină, medicațiile empirice încercate: camforul, chinina, fierul, salpetrul, cu excepția opiumului. De asemenea, el va prescrie cu plăcere băile reci sau calde. Așadar, terapeutica sa se sprijină foarte mult pe arsenalul chimic. Hoffmann a avut numeroși discipoli în Germania și mai puțini în Anglia și Italia.

IRITABILITATEA ȘI DOCTRINELE CARE DECURG DIN EA. În aceeași epocă s-au născut concomitent și alte teorii medicale, dintre care unele, mai originale,

derivau din doctrina iritabilității, care a fost elaborată de Francis Glisson și pusă în aplicare de Albert von Haller (1708—1777)[2].

Glisson consideră că „fibra" este elementul constitutiv esențial al oricărui organism viu. Proprietatea sa de a se mișca sub acțiunea unui factor exterior persistă cîtva timp după moarte și nu este deci o manifestare a sufletului. De altfel, Glisson se rezumă să rămînă pe planul experienței. El atribuie fibrei „iritabilitatea" și sugerează ideea că această proprietate ar putea fi rezervată ființelor vii, viața fiind caracterizată prin suma acestor iritabilități locale.

Haller reia ideile lui Glisson, dezvoltîndu-le în mod considerabil și însemnîndu-le cu pecetea geniului său, în așa măsură, încît lucrările sale au întrecut repede pe cele ale predecesorului său.

Haller demonstrează, în mod experimental, că nervii nu sînt decît niște conductori. Proprietatea de a fi sensibili, care li se atribuie, nu este deci decît secundară. Contractilitatea este mai cu seamă musculară; persistența sa după moarte dovedește că ea nu este o manifestare a vieții. Examinînd diferitele țesuturi din organism, Haller le determină gradul de iritabilitate și de sensibilitate. El semnalează părți pentru care mișcările umorilor circulante vor fi suficiente spre a le irita (funcțiile vieții vegetative). Altele, dimpotrivă, vor depinde de un factor declanșant determinat (funcțiile vieții de relație).

Dintre numeroși discipoli ai lui Haller, unii s-au străduit să elucideze diferitele aspecte ale teoriei sale, în timp ce alții se ridicau împotriva anumitor concluzii trase de el. Germanul H.D. Gaub (1705—1780) aplică teoriile lui Haller la patologia generală. Încercarea sa, încă destul de timidă, va servi ca exemplu. Adoptînd vederile lui Hoffmann asupra importanței rolului lichidelor și aplicînd iritabilitatea la umorism, el consideră că mișcarea pur mecanică este legată de umori. Starea de sănătate se datorește, ca și în sistemul lui Hoffmann, unui echilibru armonios între solide și umori, boala datorîndu-se rupturii acestui echilibru, ruptură care antrenează după sine o modificare a iritabilității care, prin intermediul fibrei, influențează umorile, dînd naștere secrețiilor, obstrucțiilor, tumorilor etc.

Unii discipoli ai lui Haller atribuiau nervilor un rol și mai important, considerînd că iritabilitatea nu este decît o manifestare secundară a forței nervoase. Această teorie deschide patologiei perspective noi. Englezul William Cullen (1710—1790) încearcă astfel să meargă pînă la izvoarele vieții și să-i confere sistemului nervos locul predominant în patologie. În timp ce Hoffmann era de părere că maladiile au o origine digestivă, centrii nervoși nefiind decît în mod secundar atinși prin intermediul umorilor, Cullen crede că iritabilitatea acționează direct asupra nervilor. Agentul patogen acționează asupra sistemului nervos care reacționează modificîndu-și reacțiile sale proprii. Fibra este astfel obiectul fie al unei contracții exagerate (spasm), fie al unei relaxări (atonie), de unde decurg toate maladiile. Febra nu este o boală, ci o reacție

[2] Despre istoria acestei doctrine există un expozeu din punct de vedere fiziologic, făcut de G. Canguilhem, pp. 636-637.

a organismului împotriva afecțiunii. Maladiile se împart în patru grupe: pirexii, adinamii, cașexii și afecțiuni chirurgicale. Doctrina lui Cullen și diversele școli care decurg din ea au luat numele de neuropatologie sau nervism.

Terapeutica hipocratică va fi mai cu seamă dinamică, maladia predominantă fiind atonia. Cullen are o predilecție deosebită pentru chinină, interzicînd categoric medicamentele care slăbesc forțele, așa cum sînt purgativele. Inflamația, manifestarea locală a febrei, este tratată cu antiflogistice. În același timp, urmînd exemplul lui Boerhaave, Cullen va uita adesea teoriile sale în fața bolnavului și nu va ezita să se folosească de medicamentele specifice sau chimice, a căror eficacitate o recunoaște.

John Brown (1735—1788) a fost, în mod succesiv, un discipol și un adversar al lui Cullen. Situîndu-se mai cu seamă pe planul vieții vegetative, el vede în iritațiile care animă organismul expresia proprie a vieții și admite că un anumit număr de excitații (sau stimuli) sînt necesare întreținerii acesteia. Maladiile decurg fie din exagerarea excitațiilor (maladii stenice), fie, mai adesea, din diminuarea lor (maladii astenice). Febrele sînt deci maladii care se împart în stenice (pirexii) și astenice (febre propriu-zise). De asemenea, pe plan local se vor găsi flegomazii stenice și inflamații propriu-zise, astenice. Acest nou sistem a căpătat numele de brownism sau de stimulism. Terapeutica se face ușor: medicamentele vor fi sau temperante (sîngerări, purgații, vomitive etc.), sau, cel mai adesea, excitante (vin, alcool, electricitate etc.).

Aplicarea teoriilor lui Haller în patologie continuă printr-o seamă de reacții în lanț. Mai întîi, discipolul lui Brown, italianul Giovanni Rasori (1766—1837), va deveni în curînd un adversar temut, trăgînd din aceleași experiențe concluzii opuse, vorbind, de exemplu, despre diateză stenică într-un caz în care Brown vedea o astenie. Pentru a pune în evidență diateza care se găsea la originea unei boli, Rasori practica sîngerarea. Dacă starea bolnavului se ameliora, era vorba despre o diateză de stimulație, în caz contrar, de o diateză de contrastimulație. Din acest nou sistem decurgea o terapeutică supusă acelorași legi ca și aceea a lui Brown.

Rezultatele obținute de partizanii acestui sistem nu au fost prea strălucite, de aceea voga lor va fi trecătoare; ele vor da naștere altor teorii care se vor menține și în secolul următor.

În timp ce Brown și Cullen susținuseră concepția hipocratică a maladiilor generale, italianul Giacomo Tommasini, fără a înlătura acest principiu, admite în același timp existența maladiilor locale, făcînd astfel legătura dintre sistemele precedente și o teorie nouă, care nu va admite decît maladiile locale. Această teorie, numită broussaissism, aparține lui F.J. Broussais (1772—1838), a cărui influență nefastă va dăinui multă vreme la Paris. După părerea lui, funcționarea normală a organismului ar fi asigurată de un stimulus extern, și anume de căldura exterioară, care acționează asupra funcțiilor țesuturilor prin intermediul umorilor, o alternare a acestui sistem dînd naștere, în mod automat, la o stare de boală într-un țesut oarecare. Complexitatea acestui sistem provine din faptul că el include în transmiterea acestor maladii și tubul digestiv, acordîd o mare importanță mai cu seamă gastroen-

teritei. Terapeutica antihipocratică trebuia să intre în acţiune fără să ţină seamă de posibilităţile de a reacţiona ale organismului. Erau prescrise sîngerări abundente şi aşezarea a numeroase lipitori pe cap şi pe abdomen.

ANIMISMUL. Fără a nega existenţa sufletului, sistemele precedente nu-i acordau acestuia nici un rol în viaţa organismului şi încercau să asimileze legile biologice unor simple mecanisme matematice, chimice sau mecanice. Era deci firesc să apară o tendinţă opusă, cunoscută sub numele de animism, care atribuia sufletului un rol predominant. După Stahl (1660—1734), considerat drept creatorul animismului, în organism nu se petrece nimic fără intervenţia sufletului, fie că este vorba de mişcările voluntare, fie de cele involuntare. Fenomenele mecanice sau chimice nu sînt decît faze secundare ce se înscriu într-un ansamblu determinat de suflet, un finalism bine stabilit apărînd în toate operaţiile din corpul omenesc.

Sufletul acţionează asupra corpului prin trei mijloace principale: circulaţia, care este o cale nobilă, secreţiile şi excreţiile, ale căror aspecte mecanice sau chimice nu sînt decît secundare şi dirijate. Cu toate acestea, Stahl nu precizează diferitele operaţii prin care sufletul acţionează asupra corpului; fiziologia sa rămîne rudimentară, în timp ce el neglijează în mod voit anatomia şi chimia.

Boala provine dintr-o proastă funcţionare a sufletului, care trebuie lăsat să acţioneze singur pentru a-şi restabili sănătatea; „Sufletul" lui Stahl se identifică astfel cu „Natura" lui Hipocrat. Acţiunea medicului se limitează, aşadar, la a veni în ajutorul restabilirii normale. Stahl ajunge astfel să considere fluxul hemoroidal ca binefăcător şi vede în febră nu o maladie, ci o reacţie a sufletului împotriva bolii. El se interesează îndeaproape de puls.

Patologia oferă, desigur, un loc aparte tulburărilor circulatorii. Există maladii prin congestie şi maladii prin hemoragii. Cauzele lor vor fi interne sau externe, dar fibra va putea fi astfel tulburată, ceea ce va da naştere la spasme, la variaţii de tonicitate etc.; unele tulburări vor atinge, de preferinţă, sistemul nervos, atrăgînd după sine paralizia, tremurăturile, debilitatea etc. De aceea, ca şi la Hipocrat, intervine noţiunea de teren prin intermediul temperamentelor, apoi aceea a aerului, a alimentelor, a igienei, a pasiunilor etc. Terapeutica, prudentă, va ajuta natura, în loc să o copleşească în mod sistematic cu o mulţime de remedii. Aducînd medicina la o concepţie mai sănătoasă, patologia va permite să privim fenomenele sub un alt unghi mai puţin absolut. Stahl a avut numeroşi discipoli în Germania şi în Anglia şi mai puţini în Franţa, unde François Boissier de Sauvages (1706—1767), iatromecanician primitiv, se va alătura acestei teorii, făcînd astfel legătura dintre această doctrină germană şi şcoala din Montpellier din care făcea el parte.

VITALISMUL. Există de multe ori tendinţa de a grupa împreună animismul şi vitalismul. În realitate, este vorba de două sisteme foare diferite, al căror singur punct comun este recunoaşterea existenţei fenomenelor mecanice şi fizice, fără să li se atribuie acestora un rol primordial. În timp ce animismul consi-

derâ că sufletul este răspunzător de tot ce se petrece în organism, vitalismul atribuie această putere unui principiu vital perisabil și care poate fi așezat, la distanță egală, între suflet și fenomenele fizico-chimice.

Istoria vitalismului aparține, înainte de toate, școlii din Montpellier, de unde au apărut toate aceste nume mari care vor elabora acest sistem inițiat de Théophile de Bordeu (1722—1776). Pentru Bordeu, rolul principal în organism îl jucau glandele. Fiecare dintre ele este dotată cu o viață proprie, care asigură o funcție bine definită. Viața, în general, rezultă din combinarea vieților tuturor glandelor. O coordonare interglandulară, destinată să asigure starea de sănătate a organismului, este stabilită de țesutul celular, descris în mod remarcabil de către Bordeu sub denumirea de țesut mucos.

Înlăturînd explicațiile iatromecanicienilor și apropiindu-se de cele ale lui Haller, Bordeu atribuie funcționarea glandelor fibrelor care le inervează și care sînt puse în acțiune printr-o iritare. Spre deosebire de Haller, el recunoaște că glandele au două proprietăți distincte, sensibilitatea și motilitatea, pe care le plasează pe același plan, cu toate că admite că motilitatea ar fi supusă sensibilității în așa măsură, încît va numi sensibilitatea principiul care determină micile vieți bordeviene. După Bordeu, viața se datorește în primul rînd secreției glandulare, cu toate că el acordă un rol proeminent următoarelor trei organe: stomacului, creierului și inimii.

Viața fiind sub dependența acestei sensibilități, aplicațiile în patologie par să decurgă în mod necesar din perturbațiile acestei sensibilități. Dar Bordeu nu va dezvolta aceste aplicații, limitîndu-se la principiul general al intervenției sensibilității pentru a restabili ordinea, ceea ce îl apropie de Hipocrat și de Stahl. Agenții patogeni sînt externi sau interni, inflamația jucînd un rol important în acest din urmă caz.

Henri Fouquet (1727—1806), discipolul lui Bordeu, răsturnînd sistemul hallerian, atribuie o mare importanță sensibilității, în detrimentul contractilității. Între aceste două proprietăți, el situează un cuplu de forțe, idee care va fi reluată de către urmașii săi. Pentru a restabili starea de sănătate perturbată, el are încredere în fibra vie, dotată cu acest cuplu de forțe.

Paul-Joseph Barthez (1734—1806) simbolizează vitalismul montpellerian, cu toate că el nu este fondatorul lui, dar geniul său a făcut din această teorie fiziologică un sistem foarte complet. Barthez admite cuplul de forțe al lui Fouquet, pe care îl descompune în sensibilitate și motilitate, proprietăți pe care le plasează sub dependența unei forțe superioare. Numele pe care i-l dă, „principiul vital", nu are la bază o intenție preconcepută; această expresie mai fusese, de altfel, folosită și de montpellerianul A. Fizes, care nu era vitalist. Barthez, ca și Bordeu, nu neagă nici existența reacțiilor fizico-chimice, nici pe aceea a sufletului, dar el plasează viața undeva la mijloc, între primele și cea de-a doua. Din contră, el înlătură micile vieți bordeviene. Pentru Barthez, principiul vital este unic. Astfel, viața vegetativă inconștientă, pe care animiștii o puneau sub dependența sufletului, îi scapă cu desăvîrșire. Principiul vital conduce deci viața animală, sufletul, viața de relație și, mai cu seamă, mișcările voite.

Aplicîndu-şi sistemul la patologie, Barthez crede că boala se datoreşte unui dezechilibru de forţe dintre sensibilitate şi motilitate. Cum aceste forţe depind de principiul vital, motilitatea va trebui să restabilească echilibrul, concepţie apropiată de Natura lui Hipocrat şi de animismul lui Stahl. Fiind nemulţumit de ideile generale, Barthez face o adevărată analiză a ansamblului simptomelor observate, pentru a decela principiile elementare, sau elementele morbide, pe care va trebui să le combată. Arta medicului va consta în repeziciunea cu care el va separa elementele primordiale de cele secundare. Tratamentul va fi aplicat în această ordine, dar foarte adesea elementele secundare vor dispare spontan, de îndată ce celelalte vor fi fost tratate. Înlăturînd orice spirit de sistemă, Barthez acceptă toate medicamentele, dar numai cu condiţia ca ele să fie eficace. Iată o idee într-adevăr nouă. El împarte aceste medicamente în trei grupe: medicaţii perturbante, care, fiind brutale, constituie un tratament de şoc, medicaţii imitatoare, care se înrudesc cu homeopatia, şi medicaţii specifice. Această terapeutică nu va fi aplicată decît dacă principiul vital va avea nevoie să fie ajutat. Originalitatea operei bartheziene constă în faptul că ea substituie temperamentelor complexe simptome simple şi precise şi că, părăsind părerile spirituale, ea aplică o terapeutică sănătoasă şi logică, care anunţă timpurile moderne.

Dintre discipolii săi, îl vom cita pe J.Ch.M. de Grimaud (1750—1789) şi Ch.L. Dumas (1765—1813), care au multiplicat cele două forţe bartheziene. Şcoala vitalistă montpellieriană va fi reprezentată în secolul al XIX-lea prin F. Bérard şi mai cu seamă prin J. Lordat, care adoptă un punct de vedere prea static. Alţi montpellerieni au făcut cunoscut vitalismul la Paris, ca de pildă Philippe Pinel (1745—1826), specialist în boli nervoase.

Acesta din urmă l-a avut ca discipol pe Bichat (1771—1802), care i-a dezvoltat doctrina. El admite cele două forţe bartheziene, pe care le numeşte sensibilitate şi contractilitate, dar diferenţiază şi mai mult viaţa vegetativă sau animală, de viaţa activă, sau de relaţie, admiţînd pentru fiecare dintre ele un cuplu special de forţe. Bun anatomist, el caută un substrat material şi localizează viaţa vegetativă în sistemul nervos simpatic, iar viaţa de relaţie, în nevrax. Între aceste două forme de viaţă există legături, pe care el nu le precizează, destinate să le armonizeze. Înlăturînd, o dată cu ţesutul mucos al lui Bordeu, ideea de glandă, el îi substituie noţiunea de ţesut, progres incontestabil, care face din el un precursor al histologiei moderne. Fiecare ţesut va fi înzestrat cu o forţă vitală proprie, în legătură cu funcţiile pe care trebuie să le îndeplinească.

Adept al anatomiei patologice, Bichat, după ce a studiat fiziologia tisulară prin prisma vitalismului, observă perturbaţii al căror subiect, în caz de boală, îl pot forma ţesuturile. Pentru a restabili echilibrul forţelor în ţesutul lezat, el utilizează terapeutica barthezianã. Bichat este deci un adevărat adept al vitalismului. Principii analoge au fost aplicate în patologia externă de către A. Richerand (1779—1840).

Sistem în esenţă francez, vitalismul a avut cîţiva discipoli în Germania şi în Anglia. Principalul său merit este acela de a fi încercat o sinteză a ele-

mentelor mai bună decît aceea a sistemelor anterioare și de a fi fost, la începutul secolului al XIX-lea, cel mai mare adversar al broussaissismului.

HOMEOPATIA. La sfîrșitul secolului al XVIII-lea și începutul secolului al XIX-lea a apărut un nou sistem, homeopatia, care, chiar dacă nu este fundat pe fiziologie, a contribuit totuși, în aceeași măsură ca și celelalte sisteme, la stabilirea unei terapeutici noi. Creatorul el este germanul Samuel Hahnemann (1755—1843)[3], care și-a făcut prima descoperire remarcînd că chinina luată în doze mari dădea accese febrile de tip palustric, asemănătoare acelora pe care trebuia să le vindece. Experimentînd diferite produse, cel mai adesea asupra lui însuși, el și-a dat seama de justețea axiomei anticilor: *Similia similibus curantur*. Acestei legi a similitudinii, el i-a adăugat, în curînd, pe aceea a infinitezimalului: cu cît un produs este mai diluat, cu atît acțiunea lui va fi mai puternică.

Homeopatia s-a impus cu greu în Germania și Hahnemann vine să-și încheie viața la Paris, unde a avut bucuria de a vedea că teoriile lui capătă adepți pasionați, care le-au răspîndit în aproape întreaga lume. Și astăzi încă, această doctrină are apărători înfocați dar, în același timp, și adversari asidui. Mai trebuie să menționăm izopatia, fundată de către americanul C. Hering, care preconizează că maladiile să fie tratate prin produsele aceleiași maladii. Aceasta n-a cunoscut decît un palid succes.

C. PROGRESELE MEDICINII PRACTICE

MEDICINA NEOHIPOCRATICĂ. Deși sistemele medicale domină, într-adevăr, medicina secolului al XVIII-lea, ele nu reprezintă totuși întreaga medicină. Neohipocratismul lui Thomas Sydenham devenise școală și numeroși sînt medicii care s-au mărginit doar la strictele observații ale fenomenelor vitale, fiind departe de orice spirit de sistematizare. Importantul lor rol în dezvoltarea medicinii contemporane contrastează cu sterilitatea lucrărilor ultimilor adepți ai lui Hipocrat. De fapt, ei se vor strădui să perfecționeze mijloacele de investigație de care dispun. Pe cînd, cu puțin timp înainte, medicii se mulțumeau să contemple doar urinele, iar unii dintre ei continuau să dea consultații prin corespondență, aceștia preconizau contactul direct cu bolnavul. Din această nouă orientare a medicinii avea să se nască semiologia modernă și învățămîntul clinic.

SEMIOLOGIA. Semiologia a cunoscut o adevărată reînnoire în secolul al XVIII-lea, deși nu era reprezentată încă decît prin două elemente: studiul pulsului și percuția toracică. Dar, în primul caz, se pare că se spusese tot ceea ce

[3] Samuel Christian Friedrich Hahnemann l-a cunoscut la Viena pe baronul Bruckenthal, care l-a adus la Sibiu ca medic de casă și bibliotecar. În cei doi ani petrecuți la Sibiu (1776—1778) a practicat medicina și, cum însuși scrie, „a învățat mai multe limbi", între care probabil și românește. De la Sibiu, tînărul Hahnemann a plecat la Erlangen, unde și-a luat gradul de doctor în medicină. — *N.V.*

s-ar fi putut spune pentru acea epocă. S-au înmulțit studiile din plăcere, urmîndu-se aici exemplul chinezilor. Clepsidra cu nisip și ceasul hidraulic serviseră pentru numărarea pulsațiilor înainte să se fi inventat *pulsilogium*-ul lui Galilei și al lui Santorio. Pentru perioada care ne interesează, primul care atrăsese din nou atenția, în Occident, asupra importanței pulsului și care i-a consacrat studii savante a fost spaniolul Fr. Solano din Lucca (1685—1736), care a stabilit trei feluri de pulsuri: pulsul dicrot, pulsul *inciduus* și pulsul intermitent. Alții, la rîndul lor, au perfecționat acest studiu. Bordeu presupunea că fiecare organ bolnav avea un puls cu totul deosebit, ceea ce era un mijloc minunat pentru a pune diagnosticul. El a împărțit pulsurile în superior și inferior după regiunea respectivă, care putea fi supra sau subdiafragmatică, regiuni unde stabilește, în fiecare dintre ele, o serie întreagă de pulsuri secundare organice sau locale. Această părere exagerată a avut totuși meritul de a atrage atenția, în Franța, asupra studiului sistematic al pulsațiilor în diferite boli. Bordeu este, de fapt, acela care a inventat obiceiul de a căuta pulsul în *gutiera radială* cu patru degete. Discipolul său, Fouquet, a consacrat, de asemenea, acestor lucrări observații foarte valoroase și a avut ideea de a face schematizări grafice ale senzațiilor percepute, asemuindu-le cu niște perle, mai mult sau mai puțin numeroase, mai mult sau mai puțin apropiate.

La fel, descoperirea percuției de către austriacul Leopold Auenbrugger (1722—1809) are o mare importanță, deși a fost cunoscută, cu adevărat public, abia la începutul secolului al XIX-lea, datorită lui Jean Nicolas Corvisart (1755—1821). Ea a fost jalonul indispensabil care avea să-i permită lui Laënnec să facă să înainteze cu un pas semiologia pulmonară.

ÎNVĂȚĂMÎNTUL CLINIC. Învățămîntul clinic lua ființă tot acum, consacrînd, în sfîrșit, unul dintre preceptele medicinii hipocratice. Este adevărat că Sylvius și Leboë îl inauguraseră încă din secolul al XVII-lea la Leyden și că niște medici olandezi și italieni îl puseseră în aplicare, dar nici unul dintre ei nu crease o școală, iar exemplele lor se dovediseră fără nici un viitor. Primul clinician care a dat un adevărat impuls acestui nou gen de învățămînt a fost Boerhaave, care a mai adăugat ceva la renumele școlii din Leyden, unde fiecare ținea să vină ca să se inspire din metodele maestrului. El a format numeroși discipoli care i-au continuat opera la Leyden sau au făcut-o cunoscută la Viena, cum au fost, de pildă, G. van Swieten și A. de Haen din Olanda, și germanul M. Stoll. A fost ca o flacără vie aprinsă în toate țările europene, cu excepția Franței, care a rămas îngrijorător de mult în urmă, pînă cînd crearea celor trei școli de sănătate, în anul III, a putut să învingă îndîrjirea administratorilor de spitale. Printre foarte numeroasele orașe care au devenit atunci celebre menționăm Göttingen, Erlangen și Padova, pe lîngă care am putea cita o întreagă pleiadă de nume celebre, cum ar fi cel al germanului J.P.Frank sau al elveținului S.A. Tissot.

De acum înainte medicina va înceta să mai fie livrescă. Noile metode nu vor întîrzia să dea roade, ca de pildă nosologia sau clasificarea bolilor după simptome, înlăturînd orice fel de idee de sistem. Această concepție a patologie va dăinui mult după secolul al XVIII-lea, pînă în momentul în care se

vor ivi cunoştinţe mai exacte asupra diferiţilor agenţi patogeni. Primul nosolog a fost Boissier de Sauvages, care a repartizat bolile în 10 clase, 44 de ordine şi 315 genuri, fără să mai vorbim de varietăţi. De asemenea, merită să fie citate numele lui Linné, Pinel şi Richerand.

PATOLOGIA ŞI EPIDEMIOLOGIA. Printre numeroasele boli studiate, trebuie să menţionăm angina gangrenoasă (mai cu seamă în Anglia), maladiile gutoase, angina pectorală, colicile de tot felul, scorbutul, guşa exoftalmică, bolile venerice, bolile de femei, pelagra şi multe alte boli ale pielii, de fiecare dintre ele mulţi autori legîndu-şi chiar numele. De asemenea, s-a acordat mai mult interes maladiilor cronice. Dacă cunoştinţele relative în materie de febre rămîn aceleaşi, tratamentul cu chinină este îmbunătăţit.

Acestui tablou foarte succint trebuie să-i adăugăm epidemiologia, care deţine un loc important în aceste studii. Ciuma continua să facă ravagii îngrozitoare, mai cu seamă la Marsilia, în anul 1720, fără să se poată stabili totuşi cauza, în ciuda observaţiilor pertinente făcute de către Antoine Deidier. Paludismul a fost studiat şi combătut în mod eficace în Italia de către G.M. Lancisi (1654—1720). Difteria, care bîntuia în Anglia şi aproape peste tot în Europa, tifosul, febra tifoidă, turbarea, gripa — mai cunoscută sub numele de *influenza* — tusea convulsivă au fost studiate în egală măsură. O nouă afecţiune care va face numeroase victime, febra galbenă, a apărut în Spania, şi apoi pretutindeni. Dar mai cu seamă variola a fost aceea asupra căreia s-au putut face studii diferite, dînd rezultatele cele mai spectaculare.

INOCULAREA ŞI VACCINUL. Secolul al XVIII-lea a cunoscut, de fapt, două etape succesive deosebit de strălucite în lupta dusă împotriva acestei boli care făcea pe atunci aproape pretutindeni în lume ravagii uriaşe. Chinezii descoperiseră deja mijlocul de a se feri de ea, pulverizînd în nas cruste de la variolici, şi se pare că şi alte ţări asiatice foloseau procedee asemănătoare[4]. Aceste metode au fost însă cel mai bine puse la punct mai cu seamă în Turcia şi Grecia. Se înţepa pielea în trei locuri diferite cu un ac şi se punea puţin puroi de la variolici. Lady Montagu, soţia ambasadorului englez pe lîngă sultan, a făcut cunoscut acest procedeu în anul 1717 în Anglia, dar nu înainte de a da exemplu, inoculîndu-şi propriul fiu. Metoda s-a răspîndit cu repeziciune în Anglia sub numele de inoculare. Deşi a existat un oarecare procent de mortalitate, numărul persoanelor inoculate şi ocrotite astfel în mod eficace împotriva răului era infinit mai mare. Inocularea s-a impus deci, în ciuda calomniatorilor violenţi, printre care unii erau medici eminenţi[5]. Exemplul

[4] Discuţiile de ordin matematic ridicate de această problemă sînt evocate în studiul lui R. Taton (pp. 470—471).

[5] Introducerea în practica medicală curentă a metodei populare de variolizare preventivă prin „inoculare" se datoreşte nu numai exemplului dat de Lady Montagu, ci mai ales doctorilor Timon şi Pylarino. Acesta din urmă a fost vreme de şaisprezece ani medic al curţii domneşti din Bucureşti, în timpul lui Şerban Cantacuzino şi Constantin Brâncoveanu. Cu prilejul unei călătorii la Constantinopol în 1701, Iacob Pylarino a fost chemat de prietenul său Cariofil să asiste la variolizarea copiilor săi de

a fost urmat de Germania, ca de altfel și de Elveția, Olanda, Suedia etc. Franța a fost țara cea mai refractară și a trebuit foarte mult timp ca inocularea să se impună și aici. Inoculatorul cel mai la modă, care a contribuit în mod eficace la răspîndirea procedeului, a fost elvețianul Théodore Tronchin (1709—1781) căruia, pentru zelul și lucrările lor, trebuie să-i alăturăm pe englezii D. Sutton și Th. Dimsdale[6].

În momentul în care inocularea fusese recunoscută de toți, a apărut vaccinarea antivariolică, care avea s-o înlocuiască cu repeziciune, datorită faptului că nu prezenta nici un pericol. Gloria medicului englez Edward Jenner (1749—1823) a rămas nepătată și, pe drept cuvînt, merită să stea alături de cea a lui Harvey. Observînd că persoanele atinse de vaccină — contractată în contact cu vacile — nu se mai temeau de variolă, el s-a apucat de cercetări minuțioase care, după douăzeci de ani de strădanii, au dus la minunata lui descoperire. La 14 mai 1796, el inoculează pentru prima oară puroi, dintr-o pustulă de vaccină, unei ființe umane. Succesul a fost total, în așa măsură, încît lumea întreagă a adoptat cu repeziciune vaccinarea, care poartă astfel numele bolii datorită căreia avea să fie creată o imunitate încrucișată remarcabilă.

ÎNCEPUTURILE ELECTROTERAPIEI. Un nou element avea să cunoască aplicații imediate în medicină: este vorba despre electricitate. Încă de la crearea primelor mașini electrice, în secolul al XVII-lea, a apărut ideea utilizării electricității în terapeutică aproape pentru toate bolile, dar mai cu seamă pentru cele ale sistemului nervos. În această direcție, medicii au fost urmați, și adesea chiar depășiți, de către fizicieni, dintre care cel mai renumit a fost abatele Nollet.

Primul tratament medical a fost practicat, în anul 1740, de către elvețianul Jean Jallabert (1712—1768), care a vindecat astfel un paralitic. Utilizările electricității în medicină au fost, cu toate acestea, destul de rare în anii ce au urmat. Primele teze asupra acestui subiect, susținute la Montpellier, în 1749 și 1750, sub influența lui Boissier de Sauvages, studiază tratamentul hemiplegiilor cu ajutorul electricității sau prin analogiile dintre fluidul nervos

către o grecoaică bătrînă din Tesalia, unde metoda se practica din vechime. Pylarino a învățat tehnica de la acea inoculatoare și, tîrziu, cînd s-a retras la Veneția, a publicat un mic tratat de variolizare *Nova et tutta variolas excitandi per transplantationem methodus...*, Veneția, 1715, la cererea Magistratului Sănătății. Textul a fost publicat recent și în romînește (N. Vătămanu). Deși Iacob Pylarino a învățat cum să varioiizeze de la o grecoaică, poporul nostru cunoștea inocularea oilor pentru a împiedica răspîndirea vărsatului (mălțeaza), metodă care a fost folosită și la oameni. În Transilvania operația o făceau preoții.

Documente, consemnate de călători, atestă existența acestei practici preventive la poporul nostru. — *N.V.*

[6] Un important precursor al igienei este Istvan Mátyus (1725—1802), medic și botanist, autor al unei *Dietetici* publicate în două volume (Cluj, 1762—1766), retipărită, sub forma unei vaste enciclopedii, în cinci volume, între 1787—1793 *(Dietetica veche și nouă)*. Erudit progresist, I. Mátyus are în vedere — sub aceste titluri — întreaga patologie, profilaxie și chiar întreaga pedagogie; nu lipsesc considerații privind munca și obiceiurile. Studiind în Olanda, el caută o conciliere a tradițiilor hipocratice cu noile descoperiri anatomofiziologice. — *V.S.*

și electricitate. Au fost întreprinse numeroase cercetări în nenumărate țări, între care Germania și Anglia, dar mai cu seamă în Franța, unde electrologia medicală a fost studiată cu o grijă suficientă pentru a permite realizarea unor progrese deosebite. S-au perfecționat procedeele care erau încă primitive. Descărcărilor primejdioase ale buteliei de Leyda le-au luat locul scîntei electrice și apoi băi statice. Cele mai multe dintre aceste procedee dădeau greș, dar unele dintre ele totuși au adus vindecarea. Abatele Bertholon a vrut să stabilească un sistem bazat pe electricitatea animală, fiind primul care a avut ceva de spus în această privință; el a împărțit bolile în electrice și neelectrice, încercînd să le aplice un tratament electric. Galvanismul a avut și el adepții săi, dar mai tîrziu Volta, care a construit prima pilă electrică, a fost astfel cel dintîi care a utilizat curentul galvanic în medicină.

MESMERISMUL. Utilizarea magnetismului pentru calmarea anumitor dureri, începută în secolul al XVII-lea, a continuat în secolul al XVIII-lea mai cu seamă pentru odontalgii; magnetismul a degenerat însă cu repeziciune, pînă cînd a devenit în mîinile germanului Fr. Mesmer (1734—1815) un nou sistem, care a cunoscut un succes uimitor către sfîrșitul secolului, sub numele de mesmerism. Lăsînd deoparte magnetul, Mesmer își magnetiza pacienții prin împreunarea mîinilor, apoi, perfecționîndu-și metoda, el organiza ședințe de magnetism colectiv în jurul unui hîrdău umplut cu apă acidulată, din care ieșeau niște bare metalice, pe care pacienții, așezați de jur împrejurul hîrdăului, le apucau cu mîinile. Jocuri de lumină, mișcări hipnotizante ale mîinilor, muzică, completau această punere în scenă. Era vorba de fenomene de hipnoză care, de fapt, nu aveau nimic comun cu magnetismul, în sensul fizic al acestui termen[7]. Mesmerismul a cunoscut o vogă răsunătoare mai cu seamă la Paris, și unii discipoli, ca Ch. N. d'Elson, și-au instalat, la rîndul lor, cîte un hîrdău de acest fel. Mesmer a profitat chiar de credulitatea publicului său, magnetizînd arbori sub care ar fi putut să fie îngrijiți oamenii săraci. În cele din urmă, Facultatea din Paris s-a ridicat împotriva acestor practici, condamnate în 1784 de către o comisie oficială de la Facultatea de medicină și de la Academia regală de Științe. Declinul a urmat cu repeziciune celebrității și Mesmer a fost nevoit să fugă din Franța, unde a fost dat repede uitării.

PATOLOGIA EXOTICĂ. Patologia exotică a continuat să se dezvolte, cu atît mai mult cu cît călătoriile de cursă lungă, care nu erau de loc lipsite de pri-

[7] La drept vorbind, fenomenele provocate de Mesmer nu sînt numai (sau în primul rînd) fenomene de hipnoză. Intervenea sugestia, autosugestia, ca și un fenomen obscur de cîmp biologic, a căror realitate n-a fost desmințită de experiențele — sporadice, e drept — ale secolelor XIX și XX. Mesmer a deschis primul poartă spre unele procese de psihologie a inconștientului și a făcut psihoterapie fără să-și dea seama. Cercetările medico-istorice tind să reabiliteze figura lui Mesmer (o apologie a acestui medic o datorăm scriitorului St. Zweig). Ancheta oficială de atunci ni se pare azi destul de superficială. În secolul al XIX-lea termenul de „magnetism animal" a fost identificat *abuziv* cu hipnoza. Azi fenomene de tipul celor provocate de Mesmer sînt studiate de parapsihologie. Practica medicală a „magnetismului animal" este o practică heterodoxă, suspectată pe drept și pe nedrept. — *V.S.*

mejdii, deveniseră în acest timp foarte obișnuite. Dar studiile au părăsit Orientul în folosul Americii și mai cu seamă al Antilelor. Aceste ținuturi au fost, de fapt, teatrul operațiilor militare și, mai mult chiar, au cunoscut înfricoșătoare epidemii de febră galbenă, în special în insula Santo Domingo, unde ravagiile au fost atît de mari, încît războiul a trebuit să se încheie din lipsă de combatanți. Africa nu interesează decît pentru Egipt și pentru Barbaria[8] care, din 1732 pînă în 1734, a constituit obiectul unei misiuni științifice și medicale, prima dintre ele fiind efectuată la provocarea regelui Poloniei August al II-lea, care a și finanțat-o. Regele Danemarcii, Frederic al IV-lea, a organizat o misiune în Orientul Apropiat, regiune de unde pornesc principalele studii făcute în Asia. Mai pot fi încă menționate teritoriile rusești de la sfîrșitul lumii asiatice și insula Minorca, obiect al diferitelor expediții militare care s-au pretat la numeroase lucrări.

Țările care și-au adus contribuția în această epocă la determinarea patologiei exotice nu mai sînt aceleași din secolul precedent. Anglia și Franța s-au situat pe primul loc, celelalte țări neavînd o contribuție prea importantă. Principalele studii au fost îndreptate către febra galbenă, care a apărut în Africa, Spania, în Antile și în America, dar, din nenorocire, nu s-a adus nimic nou și interesant pentru combaterea ei. Au fost studiate, de asemenea, tifosul exantematic, lepra, dizenteriile și diferitele feluri de febre, ca febra pian[9], leișmanioze, filarioze[10] etc. Lungile călătorii maritime i-au incitat pe mulți cercetători să se ocupe de tratamentul bolilor specifice oamenilor care trăiesc pe mare și mai cu seamă scorbutul. Datorită lor, și climatologia a făcut oarecare progrese.

NEUROPSIHIATRIA. Cercetările în domeniul patologiei efectuate în secolul al XVIII-lea sînt marcate prin apariția neuropsihiatriei. Pînă atunci, demenții erau considerați ca posedați sau indivizi periculoși, fiind maltratați și închiși în locuri întunecoase și nesănătoase. De acum înainte însă vor fi considerați bolnavi. Și nu este unul dintre cele mai mici titluri de glorie ale lui Philippe Pinel acela de a fi zdrobit, în anul 1793, lanțurile acestor nenorociți, începînd să-i trateze omenește. Pinel a studiat și bolile mintale pe care le-a împărțit în patru grupe: maniile, melancoliile, demențele și idioția, în timp ce pînă atunci nu fusese cuprins niciodată ansamblul acestui vast domeniu, aproape neexplorat. Pinel a descris și nevrozele, continuîndu-i pe Cullen, pe Boissier, pe Sauvages — care vorbiseră deja despre maladiile sufletului — și pe Stahl. Mai trebuie să-l menționăm pe italianul V. Chiarugi care a reorganizat azilele din țara sa, tratîndu-i pe bolnavi pe cale medicală.

În timpul Renașterii, fiziognomonia (arta cunoașterii oamenilor după fizionomie. — *N.T.*) înregistrase un viu succes. În secolul al XVII-lea, Marin Cureau de la Chambre (1596—1669) vorbea, la rîndul său, despre arta de a

[8] Nume dat odinioară regiunilor situate în partea de nord-vest a Africii, cuprinzînd: Marocul, Algeria, Tunisia și Libia. — *N.R.*

[9] Boală de piele infecțioasă și contagioasă, caracteristică regiunilor tropicale. — *N.R.*

[10] Boli grave, caracteristice regiunilor calde, provocate de viermi paraziți. — *N.R.*

cunoaște oamenii. În sfîrșit, în secolul al XVIII-lea, elveţianul J.C. Lavater (1741—1801) i-a călcat pe urme, oprindu-se însă la semnele arătate pe față. La rîndul său, germanul Fr. J. Gall (1758—1828) și-a îndreptat studiile asupra boselor craniene, creînd o nouă știință, frenologia, care a cunoscut un deosebit succes.

IGIENA. Studiile despre igienă au început să se diferenţieze foarte mult. De acum înainte se poate vorbi cu adevărat despre o igienă a armatelor, a spitalelor și azilurilor, a închisorilor și a cimitirelor; dar, într-un mod mai general, se studiază și igiena profesională, igiena școlară, aceea a copiilor, igiena conjugală și chiar igiena statelor. În același timp, marile orașe încep să cunoască un oarecare grad de confort: băi publice în Anglia, latrine la Paris etc. Trebuie menționată publicarea tratatelor generale ale lui Frank și Tissot. În domeniul igienei profesionale, italianul Bernardino Ramazzini (1633—1714) a lăsat o operă remarcabilă în toate privinţele (*De morbis artificum*, Modena, 1700), în care sînt studiate toate bolile cunoscute pe atunci. Pentru igiena armatelor trebuie citat englezul J. Pringle; pentru spitale, compatriotul acestuia, John Howard, care a străbătut Europa pentru a se documenta, reușind, în sfîrșit, să-și impună punctul de vedere; francezul Thouret se interesează de igiena cimitirelor și mulţi alţi autori, urmîndu-l pe H. Haguenot, s-au ridicat împotriva primejdiilor înhumărilor în biserici. În legătură cu măsurile colective împotriva epidemiilor trebuie să-l citäm pe Lancisi, care a încercat să asaneze mlaștinile Pontine. În Franţa, în timpul ciumei, au fost impuse legi din ce în ce mai draconice sub direcţia birourilor de sănătate, dar dintre toate mijloacele cel mai eficace a rămas totuși carantina. Să citäm, pentru a ne-o reaminti, legislaţia antituberculoasă pe care a aplicat-o în această epocă Republica din Veneţia.

MEDICINA LEGALĂ. Medicina legală prilejuiește puţine comentarii, căci amintirea lui P. Zacchias, consemnată în toate memoriile, paralizează noile eforturi care de altfel ar fi fost într-adevăr inutile. Se pare totuși că în Franţa exista o adevărată pasiune pentru naşterile tîrzii, ceea ce a dus la apariţia unei bogate literaturi în această privinţă. În timp ce chirurgul Antoine Louis (1723—1792) intervine în numeroase procese, diferiţi autori se opresc asupra problemelor puse de asfixie. În afara hotarelor Franţei, medicii legişti nu au fost de loc activi, exceptînd Germania. Crearea catedrelor de medicină legală în cele trei școli de sănătate ale Republicii franceze marchează începutul unei ere noi pentru această știință.

D. CHIRURGIA

CHIRURGIA GENERALĂ. O nouă epocă se anunţă pentru chirurgie, care se trezește, în sfîrșit, din lungul său somn, ca să pornească pe o cale ascendentă dintre cele mai strălucitoare. Această mișcare cunoaște mai multă amploare

în Franţa, şi mai cu seamă la Paris, unde chirurgii erau ţinuţi pe o treaptă foarte joasă de către profesorii de la facultate. Această revoluţie a fost, înainte de toate, opera a trei oameni care, ajungînd în mod succesiv pe locul de prim chirurg al regelui, au ştiut să-şi apere confraţii şi să obţină pentru ei orice dorinţe şi-ar fi manifestat. Cei trei oameni erau: Georges Mareschal (1658—1738), François de Lapeyronie (1678—1747) şi G. Pichaut de Lamartinière (1696—1783). Această reconsiderare are ca bază reorganizarea Colegiului de chirurgie din Paris, din anul 1724, şi restaurarea şi extinderea vechilor sale privilegii, din 1743. De acum înainte, chirurgii care îşi au sediul la Saint-Côme vor putea să-i iniţieze pe discipoli în arta lor fără ca medicii să poată exercita acolo alte controale decît dreptul de a fi prezenţi la anumite examene. De altfel, obligaţia de a fi maestru în arte pentru a întreprinde studiile chirurgicale îi va ridica pe aceştia din urmă la acelaşi nivel ca şi medicina. Noii chirurgi vor avea dreptul, foarte apreciat în acea epocă, de a purta roba lungă. La fel ca şi Parisul, Montpellier şi-a înfiinţat în anul 1741 colegiul său şi apoi şi alte oraşe i-au urmat exemplul. Acolo se preda chirurgia generală, — sub numele de „principii" —, anatomia, osteologia şi bolile oaselor, operaţiile şi, puţin mai tîrziu, obstetrica şi oftalmologia. La Paris şi Montpellier s-a inaugurat, de asemenea, cîte o şcoală practică, unde cei mai buni elevi puteau să se familiarizeze cu operaţiile pe cadavre, care erau încă foarte greu de obţinut. Examenele erau asemănătoare celor de la Facultatea de medicină, fiind chiar, puţin mai tîrziu, încununate de o teză. Cu toate acestea, pregătirea, din punct de vedere chirurgical, nu era peste tot aceeaşi şi, în afara oraşelor, favorizate de prezenţa unui colegiu, celelalte localităţi nu aveau decît maeştri chirurgi cu pregătire inferioară care nu trecuseră decît un examen rudimentar. Spitalele marilor oraşe continuau să formeze cîţiva tineri chirurgi interni care, după o perioadă de şase ani, ajungeau maeştri în urma unui singur examen. Acest gen de pregătire era foarte căutat din cauza aspectului său practic. Această instruire paralelă s-a menţinut şi în timpul revoluţiei, extinzîndu-se cu repeziciune în toate ramurile medicinii. Tinerii chirurgi, care au dominat în mod incontestabil secolul al XVIII-lea, sînt astfel precursorii, în linie directă, ai internilor din spitalele din Franţa.

Ascensiunea chirurgiei a cunoscut apogeul în anul 1731, prin înfiinţarea Academiei regale de chirurgie, opera lui Mareschal şi a lui Lapeyronie, şi care a luat-o cu mult înaintea Academiei de medicină. Noul aşezămînt s-a impus repede prin înalta ţinută a şedinţelor şi prin calitatea lucrărilor sale; primul său director, J.L. Petit, şi secretarul său permanent, Antoine Louis, au reprezentat pivotul de bază al acestei importante realizări.

În Danemarca, unde chirurgii erau supuşi aceloraşi înjosiri din partea medicilor, apostolul trezirii la viaţă a chirurgiei este Simon Cruger. Lupta a fost aprigă şi întreruptă adesea de eşecuri, dar pînă la urmă, Facultatea din Copenhaga a trebuit să se încline în faţa Academiei de chirurgie nou creată, care l-a făcut celebru pe Heinrich Callisen. O dezvoltare asemănătoare s-a manifestat în Anglia. La Londra, Edinburgh şi Dublin au apărut colegii de chirurgie şi în acest timp personalităţi de renume au făcut celebră chirurgia

engleză din acea epocă. Fraţii John şi William Hunter au fundat un muzeu şi au organizat învăţămîntul chirurgical.

În Germania, şi mai cu seamă în Prusia, chirurgia militară a făcut progrese reale. La Berlin a fost creat un colegiu medico-chirurgical, înzestrat cu două catedre, dar în alte părţi chirurgia a rămas în stare latentă. Din păcate, aceasta era situaţia şi în Italia, şi în Olanda, deşi în aceste ţări nu existau bariere între profesiunea de medic şi aceea de chirurg. În Austria a început o timidă reînviere a chirurgiei o dată cu crearea unei şcoli de chirurgie medicală la Viena. Ţările nordice şi Spania au rămas însă în umbră.

În secolul al XVIII-lea, activitatea chirurgilor s-a îndreptat asupra numeroaselor domenii de mică sau de mare chirurgie. Au fost studiate plăgile superficiale, abcesele, flegmoanele, diversele supuraţii, gangrenele, plăgile de la cap, rănile provocate de arme de foc. În ceea ce priveşte amputaţiile, s-au adoptat două procedee: circular în manşetă, ori în unul sau două fragmente şi s-au limitat abuzurile, precizîndu-se mai bine indicaţiile operatorii. De asemenea, s-a trecut cu curaj la dezarticularea tuturor membrelor, cu excepţia şoldului; s-a ajuns şi la o precizie mai mare în indicaţiile privind trepanarea. Se extirpau tumorile, inclusiv cancerul sînului. S-a făcut ligatura anevrismelor deasupra sacului şi s-a trecut în mod curajos la operaţii de stomac şi chiar de esofag. Numeroase studii sînt consacrate herniilor: se obturează pe cale chirurgicală orificiul herniar, iar după operaţie se prescrie purtarea unui brîu. De acum înainte, castrarea este interzisă categoric în hernia inghinală; se începe, de asemenea, descrierea şi chiar operarea herniei crurale şi a celorlalte hernii secundare. Fistula anală este operată, la fel ca şi hidrocelul, cu toate că tehnicienii nu căzuseră de acord asupra procedeului care trebuia folosit. Cît despre fracturi şi luxaţii nu s-au făcut decît perfecţionări de detaliu ale mijloacelor de reducere (punerea la loc a oaselor rupte — *N.T.*) şi de imobilizare a fracturilor. De altfel, s-a ajuns la înţelegerea procesului exact al osificării începînd cu periostul, înlăturînd astfel erorile care dăinuiau de secole. La ordinea zilei mai era şi chirurgia vertebrală, ca şi ortopedia, care a luat fiinţă prin N. Andry şi A.J. Venel.

Numeroşi chirurgi şi-au legat numele de aceste diferite operaţii. Astfel, în Franţa trebuie să menţionăm pe: P.J. Desault — care a avut o mare influenţă asupra tinerelor generaţii, mai cu seamă în urma cursurilor de clinică medicală pe care le-a organizat la Hôtel-Dieu din Paris, A.Louis şi J.L. Petit; în Anglia, pe A. Monro fiul, J. Douglas — în acelaşi timp şi anatomist —, Percival Pott, William Cheselden, John şi William Hunter; în Italia, pe A. Scarpa — de asemenea un excelent anatomist; în Germania, pe L. Heister şi A.G. Richter şi încă mulţi alţi chirurgi militari de seamă.

Putem semnala, în treacăt, şi cîteva reuşite. Fr. Chopart a învăţat să dezarticuleze piciorul, în timp ce Petit diferenţia compresiunile de comoţii în traumatismele craniene şi făcea o descriere remarcabilă a colecistitei. John Hunter, punînd la punct ligatura arterei femurale, a descris canalul care îi poartă numele. A. Scarpa şi A. de Gimbernat au făcut, de asemenea, importante descoperiri anatomice cu prilejul lucrărilor lor chirurgicale. Fr. Lapeyronie nu s-a dat înapoi să rezece o ansă intestinală, într-un caz de hernie

strangulată, restabilind în mod secundar tranzitul normal. P. Pott și J.P. David au descris aproape simultan „maladia lui Pott", în timp ce H.L. Duhamel du Monceau și B. Vigarous au studiat procesul regenerării osoase, iar Th. Goulard, bolile uretrale și veneriene.

SPECIALITĂȚILE. Anumite operații, lăsate pînă atunci în grija chirurgilor ambulanți sau a „specialiștilor", au fost preluate treptat de către chirurgii adevărați. Cea mai importantă dintre aceste operații, litotomia, era practicată după diferie metode numite micul și marele aparat, cum și tăietura lateralizată. Această ultimă metodă, care a fost perfecționată grație litotomului ascuns al lui Jean Baseilhac (Fratele Côme, 1703—1781), a fost preferată noului procedeu al tăieturii laterale care presupunea o mare abilitate. Anglia a readus la loc de cinste vechiul procedeu al tăieturii hipogastrice al lui Franco, sau aparatul înalt, care nu s-a impus decît în secolul al XIX-lea.

Oftalmologia a cunoscut pe atunci un mare avînt, reușind chiar să dobîndească unele catedre în colegiile de chirurgie. Dintre cele două operații principale, fistula lacrimală și cataracta, cea din urmă a fost cu adevărat revoluționată sub aspectul tehnicii de executare. În timp ce, din vremuri imemoriale, medicii se mulțumeau să coboare cristalinul, francezul J. Daviel (1696—1762) introduce procedeul extracției, care de atunci nu a mai suferit nici un fel de modificări.

De asemenea, medicii se preocupă și de operații care astăzi fac parte din domeniul otorinolaringologiei, ca rezecția polipilor nazali, drenarea supurațiilor sinusului maxilar, tratamentul chirurgical al maladiilor gurii, buza de iepure. De altfel, rinoplastia lui Tagliacozzi este cu totul dată uitării.

Dentistica se impune, la rîndul său, scăpînd în parte de sub influența șarlatanilor de pe Pont-Neuf sau de aiurea. De acum înainte, numeroși medici și chirurgi se vor interesa de arta dentară și vor publica rezultatul cercetărilor lor în acest domeniu, unde lucrările de acest gen erau, pînă atunci, foarte rare. Instrumentele existente au fost perfecționate și s-au inventat altele noi. În același timp au apărut primele precepte de igienă dentară. Cariile sînt tratate; sînt folosiți dinți mobili, de la animale sau dinții artificiali, și încep să apară primii dentiști. Această adevărată revoluție este caracterizată prin faptul că progresele se datorează atît chirurgilor, cît și medicilor, pregătind astfel apropierea atît de necesară dintre cele două profesiuni rivale. Revoluția franceză avea să consfințească, în sfîrșit, această uniune, prin așezămintele celor trei școli de sănătate, care au fost create la 14 frimaire[11], anul III, la Paris, Strasbourg și Montpellier.

OBSTETRICA. Această ramură a medicinii își dobîndise autonomia încă în urmă cu o sută de ani. De acum încolo, moașele trec pe planul al doilea, iar chirurgii îi văd din ce în ce mai mult pe medici disputîndu-le exercițiul acestei profesiuni, în care unii dintre ei s-au specializat. Se fac progrese vădite în

[11] Luna a treia din calendarul revoluționar francez (21 noiembrie — 20 decembrie). — *N.R.*

ceea ce privește anatomia femeii; astfel, printre alte inovații, a fost studiat uterul în stare de graviditate.

Pelvimetria este pusă la punct prin lucrările francezilor A. Levret și J.B. Baudelocque (1745—1810). S-au făcut precizări de către Baudelocque și mai cu seamă de maestrul acestuia, F.L.J. Solayres de Renhac, asupra dezvoltării fetusului prin filiera pelvigenitală și asupra diferitelor poziții pe care poate să le ia în urma formării diferitelor părți ale corpului. Englezul W. Smellie preconizează versiunea podalică în cazurile de *placenta previa*.

J.R. Sigault descoperă simfisectomia, care capătă dintr-o dată numeroși adepți. Unii dintre aceștia preferă totuși operația cezariană care, ridicată în rang, cunoaște, în sfîrșit, un mare procent de succese. Forcepsul nu mai este un instrument secret: el este utilizat peste tot și fiecare se străduiește să-l perfecționeze. Acesta este unul dintre semnele cele mai caracteristice ale spiritului nou în medicină. În același timp se creează și primele maternități: unii le văd ca niște case special clădite în acest scop, alții sînt de părere să li se rezerve anumite secții în spitale. Către sfîrșitul secolului încep să vadă lumina zilei, în Germania, jurnale obstetricale. Cu toate acestea, Franța se situează pe primul loc în ceea ce privește obstetrica, urmată îndeaproape de Anglia și de Germania.

E. FARMACOLOGIA

Farmacologia nu va cunoaște o revoluție asemănătoare aceleia din secolul trecut, pentru că nu au fost descoperite medicamente noi care să aibă o rază de aplicare practică la fel de mare. Se dau, în schimb, indicații terapeutice noi pentru produsele deja cunoscute. Germanul A. von Störk examinează proprietățile cucutei, laurului (daturei), omagului (aconitului), brîndușei etc., în timp ce englezul William Withering (1741—1799) folosește digitala în hidropizie, iar italianul F. Torti precizează pozologia chininei.

Produsele vegetale dețin un loc de seamă în farmacopee, în timp ce produsele animale sînt abandonate aproape cu totul, cu excepția unuia care a apărut atunci și al cărui succes nu s-a dezmințit ulterior, și anume uleiul de ficat de morun. Produsele minerale sînt însă mai apreciate. Englezul Thomas Fowler prepară arsenicul lichid, dînd acestei licori numele său. Th. Goulard extinde utilizarea diverselor produse pe bază de subacetat de plumb sau apa albă. Berthollet face cunoscut cloratul de potasiu, iar englezul Th. Henry introduce magneziul în medicină. Cît despre mercur, care continua să fie utilizat în sifilis, încă insuficient diferențiat de gonoree, el este folosit în doze mai moderate și mulți autori se ridică împotriva provocării salivației.

Apar din ce în ce mai multe produse homeopatice, ale magnetismului, ale electricității. Să amintim folosirea din ce în ce mai frecventă a balneoterapiei calde sau reci și a termalismului, menționînd apariția hidrologiei, știință nouă care ține în același timp de chimie și de medicină. În timp ce

Bordeu popularizează apele de Barèges, iar G.F. Venel fabrică apa de Seltz artificială, vînzarea sticlelor de apă minerală începe să concureze izvoarele termale minerale.

F. MIŞCAREA MEDICALĂ

Nu este nevoie să facem istoricul mişcării medicale. Academiile s-au înmulţit în diferite ţări din Europa, unele avîndu-şi sediul chiar în provincie. Singură medicina franceză va rămîne refractară — din cauza Facultăţii de medicină din Paris — şi de aceea înfiinţarea, în anul 1776, a Societăţii regale de Medicină va avea loc fără asentimentul şi chiar împotriva voinţei ei, datorită lui J.M. Fr. de Lassone (1717—1788), care o va funda, şi lui F. Vicq d'Azyr, care va fi principalul ei animator. Revoluţia franceză va înlătura, în sfîrşit, aceste vechi prejudecăţi. Publicaţiile medicale devin din ce în ce mai numeroase şi evidenţa diferitelor periodice se dovedeşte astfel mai dificilă în timp ce apar primele reviste de specialitate.

Învăţămîntul medical înregistrează o înmulţire a facultăţilor sale, nu însă toate la fel de valoroase. Vechile şcoli îşi păstrează renumele dobîndit şi dacă în universităţile de limbă latină se constata o scădere a numărului de studenţi de limbi germanice, în favoarea facultăţilor germane — dintre care unele sînt excelente — Lumea Nouă asigură înlocuirea lor, mai cu seamă America Centrală şi America de Sud. Cu toate acestea, unele şcoli continuă să primească studenţi din toată lumea. Este vobra despre acelea care adoptă un învăţămînt doctrinal. Astfel, era o modă să se frecventeze cursurile universităţilor de la Leiden, Halle, Göttingen şi Montpellier, sau şcolile clinice de la Viena, Leyden, Edinburgh, Pavia etc. Alte şcoli îşi păstrează marele lor renume: Paris, Leipzig, Padova, Pisa, Bologna, Basel şi Uppsala. În răsăritul Europei iau naştere facultăţile de la Moscova şi Vilnius[12]. Lumea universitară este

[12] În aceeaşi epocă se înfiripează la Bucureşti un învăţămînt medical teoretic. Academia Domnească de la Sf. Sava fusese înfiinţată în 1694 de Constantin Brâncoveanu ca o „şcoală de înalte ştiinţe", predate în greceşte, limba de cultură, aşa cum în Apus era latina. În august 1707 învăţămîntul acesta a căpătat o nouă organizare, după modelul instituţiei similare din Fanar. În afara unor „ştiinţe filozofice şi enciclopedice" prevăzute în documente, se mai predau şi altele, care nu mai sînt amintite în mod expres (N. Vătămanu), dar care erau predate şi la şcoala din Fanar: matematica, geografia şi medicina. Un medic grec, aflat pe atunci în Bucureşti, Alexandru Helladius, bun cunoscător al şcolilor europene pe care le vizitase, atestă într-o celebră lucrare a sa că în această „Academie", de fapt „mică universitate", se preda medicina, lucru care nu se întîmpla în multe alte universităţi! Tot de la el ştim că medicii domneşti, în număr de trei, erau profesori ai şcolii de la Sf. Sava. Afirmaţia lui Helladius că la Bucureşti se preda medicina („Status praesens Ecclesiae graecae," Altorf, 1715, p. 60) a fost reprodusă şi de cunoscutul „Journal des Sçavans" (iunie 1716, p. 410). Cu toate acestea nu trebuie să ne închipuim că la Bucureşti se preda medicina ca la Padova, faimosul centru de învăţămînt medical, unde se pregăteau de preferinţă medicii care veneau să practice la noi, precum şi bursierii lui Brâncoveanu. Cursurile de medicină de la Sf. Sava erau exclusiv teoretice şi constau din comentarea operelor clasicilor medicinii antice, Hipocrat şi Galen, precum şi ale unor arabi, ca Avicenna. Caracterul studiilor

deci în plin avînt. Cît despre profesori, situația rămîne aceeași ca în secolul precedent. Ei sînt mai stabili în Franța decît în orice altă țară, răspunzînd cu bunăvoință solicitărilor succesive ale diferitelor facultăți. De acum încolo, chimia aparține tot mai mult de domeniul științei decît de medicină, deși facultățile de medicină rămîn principalele centre în care se predă această materie ce ajunge să pătrundă chiar și în Colegiul de chirurgie din Paris. Același lucru se întîmplă cu botanica, materie care, deși începe să devină de sine stătătoare, continuă să se predea în facultățile de medicină și să intereseze un mare număr de medici. Să mai menționăm încă faptul că în a doua jumătate a secolului la XVIII-lea, farmaciștii reușesc să recupereze întîrzierea de aproape un secol pe care o aveau față de chirurgi, astfel încît, în timpul revoluției, să nu le fie de loc greu ca să se situeze alături de chirurgi în facultățile de medicină.

■

Din cele expuse rezultă cît de mare a fost aportul secolului al XVIII-lea la dezvoltarea medicinii moderne. Acest secol nu este caracterizat poate de o prea mare originalitate, ca cel precedent, dar el a știut să-și dezvolte și să-și consolideze tendințele care își vor arăta în curînd roadele spre tot mai binele întregii omeniri.

era deci mai curînd filozofico-medical. Datorită interesului general față de medicină în epoca brâncovenească, precum și studiului operei hipocratice la Academia Domnească, s-au efectuat aproape concomitent traducerile celei mai vestite opere a „părintelui medicinii", adică a „Aforismelor", din elena clasică în neogreacă (1714) de către Marcu Porphyropulo, directorul școlii de la Sf. Sava și alta, din neogreacă în românește (circa 1720—1730), de către un mic cărturar român rămas anonim (P.I. Cernovodeanu și N. Vătămanu).

Acest promițător început n-a apucat a fi desăvîrșit prin introducerea și a lecțiilor practice de anatomie, de fiziologie, de terapeutică. Evenimentele politice care au culminat cu catastrofa brâncovenilor au curmat brusc nobilele intenții ale domnitorului, sfătuit pare-se de Bartolomeo Ferrati, arhiatrul de pe atunci, după afirmația lui Al. Helladius. — N.V.

CAPITOLUL IV
Zoologia

La sfîrşitul secolului al XVII-lea, John Ray dăduse zoologiei o formă ştiinţifică, introducînd noţiunea de specie şi recunoscînd rolul anatomiei în clasificarea zoologică. Probabil că acest impuls a determinat de fapt progresele realizate în cursul secolului al XVIII-lea. Dezvoltarea zoologiei pare să fi fost mai lentă decît cea a botanicii şi această deosebire se explică prin însuşi obiectul acestei ştiinţe: studiul animalului este cît se poate de complex, iar strîngerea materialului se dovedeşte adesea greu de înfăptuit.

A. MIJLOACE DE CERCETARE

TEHNICA DE OBSERVARE. Microscopul lui Leeuwenhoek şi cel al lui Hartsoeker-Wilson erau folosite în mod curent. Pentru observarea microscopică se utilizau adesea sticle măritoare sau lentile fixate într-o montură de ochelari. Acest dispozitiv, deşi dădea libertate în folosirea mîinilor, permiţînd astfel simultan observaţia şi disecţia, era totuşi incomod pentru desen. În 1745, P. Lyonet construieşte un nou tip de lupă, avînd aceleaşi avantaje, dar care, în plus, uşura desenul.

Desenul, pictura şi gravura constituie ajutoare preţioase pentru studiul zoologiei. Printre producţiile cele mai strălucite ale secolului al XVIII-lea în acest domeniu citäm minunatul volum despre fluturi şi alte vietăţi din America de Sud, realizat la începutul secolului de către S.M. Mérian; remarcabilele desene şi gravuri executate de P. Lyonet pentru ilustrarea propriilor sale lucrări sau a studiilor altor zoologi (cum ar fi Trembley şi Lieberkühn; picturile de păsări ale lui L. Frisch, M. Catesby şi G. Edwards şi, în sfîrşit, picturile de broaşte ale lui Roesel von Rosenhof).

COLECŢII ŞI SĂLI DE ISTORIE NATURALĂ. În această perioadă, colecţiile particulare devin numeroase şi capătă sarcini copleşitoare. Gustul pentru colecţionarea scoicilor, foarte pronunţat în Franţa şi în Germania, atinge un grad foarte înalt în Olanda. Numărînd peste 7 000 de exemplare, sala de cochilogie a lui P. Lyonet era considerată, în 1762, drept cea mai completă co-

lecție a epocii. J.T. Klein înființează la Danzig (astăzi Gdańsk) o sală de istorie naturală, care mai apoi va fi transferată la Bayreuth.

La Paris, Réaumur (1683-1757) organizează la el acasă un muzeu deschis publicului, ale cărui colecții depășesc în importanță pe acelea ale sălii de la Jardin du Roi îndeosebi prin păsările trimise de numeroșii săi corespondenți din toate regiunile globului. Réaumur s-a preocupat de îmbunătățirea tehnicii de conservare a animalelor și a lăsat mai multe manuscrise cu privire la organizarea colecțiilor științifice de istorie naturală. Colecția sa, lăsată prin testament Academiei regale de Științe, a fost mai apoi transferată prin ordin regal (1758) în sălile de la Jardin du Roi din Paris.

Ca succesor al lui Dufay în funcția de administrator al acestei grădini, Buffon a reușit să-i îmbogățească considerabil colecțiile. El a cerut călătorilor și funcționarilor din țările îndepărtate să-i trimită animale vii sau piei de animale, plante și minerale. El a primit pe această cale materiale însemnate — de exemplu, colecțiile recoltate în Senegal de către Adanson — care s-au adăugat la darurile făcute de unii suverani. Daubenton a fost cel însărcinat cu organizarea sălilor, iar lucrarea sa *Description du Cabinet du Roi* (1749) constituie prima expunere de muzeologie științifică. Tot această perioadă cunoaște și începuturile organizării menajeriilor.

În 1793, Jardin și Cabinet du Roi sînt reunite și reorganizate sub denumirea de Muséum d'Histoire naturelle (Muzeul de istorie naturală). Se pun bazele învățămîntului zoologic — încredințat mai întîi lui Étienne Geoffroy Saint-Hilaire, apoi repartizat între acesta și Lacépède și Lamarck.

Trecînd peste numeroase dificultăți, É. Geoffroy Saint-Hilaire reușește, la sfîrșitul anului 1794, să obțină înființarea oficială a unei menajerii, destinate în parte cercetării științifice. Trebuie să menționăm, pe de altă parte, că menajeria prințului de Orange a dat posibilitatea lui P.S. Pallas să studieze diferite specii noi sau necunoscute.

CĂLĂTORIILE NATURALIȘTILOR. În secolul al XVIII-lea, marile călătorii se succed fără întrerupere și din ce în ce mai mulți naturaliști de profesie iau parte la ele, reușind să strîngă un material documentar prețios despre faunele necunoscute și alimentînd colecțiile particulare, sălile cu colecții și muzeele.

Importante expediții sînt organizate în Rusia pentru inventarierea faunei, florei și a resurselor naturale ale Asiei centrale și ale Siberiei. La prima dintre ele (1733—1742) participă botanistul J.G. Gmelin și zoologul G. Steller. Acesta din urmă ia parte, de asemenea, la călătoria întreprinsă în Kamceatka de către S.P. Krașeninnikov și culege informații inedite despre vertebratele din această regiune. Între 1768 și 1774, Ecaterina a II-a organizează o expediție științifică la care participă zoologul P.S. Pallas și botanistul S.G. Gmelin, cu scopul de a explora partea septentrională a continentului asiatic; importantele rezultate obținute sînt publicate în 3 volume, intitulate *Voyages à travers plusieurs provinces de l'Empire perse* (1771—1776)[1].

[1] Importantă pentru istoria biogeografiei este călătoria în Peru a spaniolului Augustino de Zarate, autorul lucrării *Historia del discobrimiento y Conquista de la Provincia Péru* (1551), tradusă din italiană (1563), în franceză (1700).

Încă de la mijlocul secolului al XVII-lea, Academia de Ştiinţe din Danemarca se interesa de popularea Islandei; E. Olafsen şi B. Povelsen reiau această problemă între 1752 şi 1757. În lucrarea sa *Nachrichten von Island* (1746), J. Anderson descrie şi desenează cetacee şi păsări din regiunile nordice. În 1788, N. Mohr publică o schiţă de ansamblu a istoriei naturale a Islandei, în timp ce Otto Fabricius editează, în 1780, o importantă *Fauna Groenlandica*.

Primele două expediţii în Pacific ale lui James Cook aduc documente despre fauna Australiei (Noua Olandă). J. Banks şi D. Solander participă la prima dintre aceste expediţii (1768—1771), cu scopul de a cerceta Noua Zeelandă şi o parte din Australia; ei fac o descriere a cangurului, a cărui descoperire, făcută în 1700 de către Dampier, fusese trecută cu vederea. J.R. Forster, participant la cea de a doua călătorie a lui Cook (1771-1775), descrie îndeosebi fauna Americii de Nord, a Indiilor Orientale şi a Chinei. Demn de reţinut este şi faptul că Joseph de Jussieu, care a plecat în 1735 în America de Sud cu o expediţie geodezică, rămîne acolo timp de 35 de ani, iar Sonnerat şi Commerson participă la expediţiile din Oceania organizate de Bougainville (1766-1769) şi de La Pérouse (1785-1788).

Şi Africa a fost obiectul unei atenţii susţinute. *L'Histoire naturelle du Sénégal* (1757), scrisă de Adanson, conţine unele observaţii de ordin zoologic. Fauna Africii de sud este descrisă în 1712 de către P. Kolbe, iar în 1787 de către suedezul A. Sparrman, pe care îl interesau în special antilopele, păsările şi termitele. Printre altele, mai menţionăm explorarea coastelor Africii de nord de către Th. Shaw şi importantele observaţii culese de către É. Geoffroy Saint-Hilaire, J.C. de Savigny şi pictorul P.J. Redouté în cursul expediţiei organizate în Egipt de Bonaparte cu începere din 1798.

În sfîrşit, mai menţionăm studiile lui P. Sonnerat asupra faunei Indiei, Chinei şi a insulelor Moluce, şi explorarea Asiei Mici şi a Persiei de către G.A. Olivier.

B. CONCEPŢII NOI ÎN ZOOLOGIE

SISTEMATICA. În cursul secolelor anterioare şi a primelor decenii ale secolului al XVIII-lea, zoologia apărea îndeosebi sub forma unei înşiruiri de descrieri de animale, în care partea anecdotică cedează, în mod progresiv, locul unor observaţii precise şi mai riguroase.

Dacă Augustino de Zarate a susţinut ideea migraţiei în America pe mare din insulă în insulă pînă la uscat, E.P. Ljung, în *Dissertatio de origine gentium novi orbio prima* (Uppsala, 1676), susţine că oamenii şi animalele au putut migra pe uscat din Lumea Veche spre Lumea Nouă, prin intermediul unor legături continentale.

O călătorie importantă pentru istoria naturală, geografie, etnografie (1675—78), plină de greutăţi, a întreprins Nicolae Milescu (1636-1707) ca sol al ţarului Alexei Mihailovici la curtea hanului chinez Kang-Hi. El a străbătut Siberia, Mongolia şi China, notînd cu scrupulozitate pe o hartă întocmită de el munţi, fluvii, rîuri, lacuri şi mai ales fauna şi vegetaţia. Jurnalul său, *Însemnări de drum* etc., a fost tradus în limba romană pentru prima oară în 1880. — *C.M.*

Mulțimea memoriilor dedicate sistematicii — clasificările extinse la ansamblul regnului animal, sau cele restrînse la o clasă sau la un ordin — dovedește grija marii majorități a naturaliștilor de a pune ordine în această faună atît de bogată și de variată.

Marele maestru în sistematică este Linné (1707-1778), care a reînnoit zoologia prin încercarea sa de clasificare naturală (sau mai puțin artificială), respectînd afinitățile și ținînd seama nu numai de morfologia externă, ci și de anatomia internă. Cea de a zecea ediție (din 1758) a lucrării sale *Systema Naturae*, în care sînt descrise 4 370 de specii, este considerată drept un punct de plecare al sistematicii moderne și o referință în stabilirea priorităților în delicatele probleme de nomenclatură. Lui Linné zoologia îi mai datorează și faptul de a fi ridicat la rang de lege nomenclatura binară aplicată tuturor ființelor vii[2].

Linné împarte regnul animal în șase mari clase, definite prin caracterele anatomice: patrupede, păsări, amfibii, pești, insecte și viermi. În cea de a zecea ediție a lucrării sale, menționată mai sus, Linné înlocuiește termenul de patrupede prin cel de *mammalia*, sau animale cu mamele (mamifere), care va fi iute adoptat; omul face parte din grupa *mammalia* — ca și cetaceele sau liliacul; în acest fel, Linné poate fi considerat, pe drept cuvînt, ca primul naturalist care a expus o concepție clară asupra clasei mamiferelor.

Trebuie menționat că și alți contemporani ai lui Linné au elaborat clasificări mai mult sau mai puțin valabile. Astfel, într-o importantă serie de lucrări, printre care *Système naturel du monde animal* (2 vol., 1754; tradusă în limba franceză de M.J. Brisson), J.T. Klein (1685-1759) stabilește o clasificare artificială a întregului regn animal, bazată pe un caracter exterior: prezența sau absența picioarelor. Animalele prevăzute cu picioare se împart în patrupede, bipede și multipede, iar cele fără picioare cuprind animalele tîrîtoare sau reptilele, animalele acvatice cu aripioare, animalele radiate[3] și formele anormale. Această clasificare continuă într-o manieră la fel de artificială, separînd, de pildă, urșii și maimuțele de celelalte mamifere din cauza deosebirii existente între picioarele lor anterioare și cele posterioare. Omul lipsește din acest sistem. Klein a adus numeroase corecții sistematicii sale, fără însă a ține seama de noțiunea de specie, deja definită de către Ray. Astăzi ne uimește o astfel de clasificare neverosimilă, dar nu trebuie să uităm că pe vremea lui Klein se urmărea o simplificare în recunoașterea animalelor. Sistemul lui a atras numeroși adepți, care i-au luat apărarea împotriva lui Linné.

În *Tableau du règne animal* (1756), M.J.Brisson adoptă caracteristicile folosite de Linné în clasificarea sa, însă izolează omul și distinge nouă clase — cetaceele, peștii cartilaginoși și crustaceele fiind considerate clase supli-

[2] A se vedea, de asemenea, studiile lui J. ROSTAND (pp. 597-598) și J. F. LEROY (pp. 683-685).

[3] Clasă a animalelor nevertebrate (în sistemul lui Cuvier), care au părțile corpului dispuse sub formă radială în jurul unui centru sau al unei axe (de exemplu, bureții, polipii, coralii etc.). — *N.T.*

mentare faţă de sistemul lui Linné. Cît despre J.P. Eberhard, acesta, după ce exclude omul, clasează animalele în două grupe, după cum ele posedă sau nu organe de simţ asemănătoare cu cele ale omului. J.F. Blumenbach adoptă, cu mici excepţii, clasificarea lui Linné. În sfîrşit, J. Hermann, în al său tabel al afinităţilor biologice, protestează împotriva prezentării regnului animal în serii liniare, rectilinii, propunînd în schimb o împărţire după modelul liniilor curbe ale unei plase. Remarcînd faptul că forma unei părţi a corpului determină forma celorlalte părţi, el lasă să se prevadă legea corelaţiei formelor.

GEOGRAFIA ZOOLOGICĂ. Încep să fie întocmite lucrări despre faună — adică despre ansamblul animalelor care trăiesc într-o anumită regiune[4] — de exemplu, acelea despre fauna Danemarcii (O.F. Müller), a Marii Britanii (T. Pennant, 1776), a Franţei (Buchon, 1776), a Italiei de nord (Scopoli, 1786), a Austriei de sud (Kramer, 1756), a Ungariei (Severini, 1779), a Dunării şi a afluenţilor ei (Marsigli, 1726), a Rusiei (P.S. Pallas)[5] etc.

Relaţiile dintre faunele diferitelor regiuni ale globului, asemănările şi deosebirile dintre ele nu constituie încă, de fapt, obiectul cercetării. Examinînd distribuirea animalelor pe glob, Buffon constată prezenţa mai multor centre dinsticte de populaţie animală (America de Sud, America de Nord, Africa meridională, India, Africa de sud, Asia centrală, Asia de nord, Europa, Australia), fiecare dintre acestea avînd animale specifice. El remarcă, astfel, că animalele din Lumea Nouă, prin comparaţie cu cele din Lumea Veche, „formează un fel de natură paralelă, colaterală, întocmai ca un al doilea regn animal, care corespunde aproape întru totul celui dintîi". Prin aceste observaţii foarte precise asupra distribuirii animalelor, Buffon creează o ştiinţă nouă, din împreunarea zoologiei cu geografia.

Repartizarea geografică a animalelor reţine atenţia şi a altor naturalişti, printre care Schreber, Gmelin şi Zimmermann. Acesta din urmă încearcă să compare diferitele populări cu mamifere (1778), cercetînd originea lor şi posibilile migraţiuni[6].

[4] Afară de Francesco Griselini, Domenico Sestini, Lazzaro Spallanzani, ilustrul naturalist şi experimentator a făcut, în 1786, o călătorie în ţările noastre extrăgînd date preţioase pentru cunoaşterea stării de lucruri de pe acea vreme. Jurnalul său sub titlul *Viaggio in Oriente* a fost publicat, în 1888, de compatriotul său Naboare Campanini. — *C.M.*

[5] Antonio de Ullo (1716-1795), autorul cărţii *Noticias Americanas* etc. (1772), tradusă sub titlul *Mémoires philosophiques* (1787), pornind de la potop şi Arca salvatoare de la înec a tuturor speciilor, a explicat cum au ajuns, datorită omului, animalele în America şi în toate insulele despărţite una de alta prin mare. — *C.M.*

[6] GEORG HORN (1620-1670) (GEORGIUS HORNIBUS), profesor de istorie şi geografie la Harderwick şi apoi la Leiden, în cartea sa *De Originibus Americanis* 1652) susţine că oamenii din Lumea Nouă sînt de proveniente diferite, însă animalele mai ales din Asia de nord. — *C.M.*

C. INVENTARIEREA FAUNEI

În cursul secolului al XVIII-lea, inventarierea faunei s-a extins la aproape întregul regn animal. Anumite grupe reţin, poate, mai mult atenţia: insectele, peştii, păsările. Observarea precisă a anumitor tipuri are ca rezultat un număr de concluzii, peste care vom trece. Totuşi, datorită importanţei sale deosebite, opera lui Buffon merită să fie amintită.

ISTORIA NATURALĂ A LUI BUFFON. Ajutat de mai mulţi colaboratori, printre care şi Daubenton, Buffon a conceput şi realizat o lucrare magistrală, *Histoire naturelle générale et particulière avec la description du Cabinet du Roi*, ale cărei prime trei volume apar în 1749, fermecînd marele public prin stilul strălucitor şi ideile lor îndrăzneţe. Celor 36 de volume publicate înainte de 1789, în timpul vieţii, şi care tratează probleme legate de om, patrupede, păsări şi minerale, li se adaugă alte opt, publicate de Lacépède, care prezintă oviparele, şerpii, peştii şi cetaceele, precum şi cercetări ale altor naturalişti.

Adversar al lui Linné, Buffon nu consideră clasificarea drept scopul esenţial al ştiinţelor naturale. În consecinţă, el se ocupă mai întîi de animalele domestice cele mai obişnuite, apoi de speciile sălbatice, începînd cu cele care sînt utile omului şi făcînd pentru fiecare dintre ele o descriere exterioară strălucitoare, completată de descrierea anatomică a lui Daubenton. Astfel, au fost clarificate bazele zoologiei moderne şi, în acelaşi timp, a fost adunat un material considerabil pentru anatomia comparată.

PROTOZOARELE. În secolul al XVIII-lea, Leeuwenhoek recunoaşte posibilitatea apariţiei animalelor microscopice în infuzii — de unde şi termenul de infuzori, introdus de către Ledermüller. Sînt identificate numeroase specii (Eichhorn, 1775; Spallanzani, 1772), iar un important studiu al danezului O.F. Müller, despre infuzorii care trăiesc în apa dulce şi de mare, este publicat de către O. Fabricius. A. Trembley descrie diferite tipuri de polipi (vorticele, stentori) şi descoperă înmulţirea infuzorilor cu cili şi formarea coloniilor prin diviziune.

CELENTERATELE. În timp ce L.F. Marsigli — întemeietorul unui laborator maritim la Cassis (1706) — pretindea în 1725 că a demonstrat natura vegetală a coralilor[7], medicul marsiliez J.A. Peyssonnel este primul care susţine natura lor animală (1727); concepţiile sale, extinse mai tîrziu asupra tuturor „corpurilor pietroase", madreporilor şi miliporilor, nu au fost adoptate fără rezerve, dar nici nu au putut fi combătute.

[7] Italianul LUIGI FERDINANDO MARSIGLI (1658—1730), considerat ca fondator al oceanografiei este autorul monumentalei *Danubius-Pannonico-Mysicus observationis* etc. (1726), tradusă sub titlul *Description du Danube* etc. (1744). El a descris, între altele, nu numai morfologia externă la diferite animale din bazinul Dunării, ci şi anatomia la pajură, pelican, vidră şi mai ales la morun, în planşe gravate pe cupru de o mare frumuseţe. —*C.M.*

În ceea ce îl priveşte pe Trembley, acesta recunoaşte natura animală a hidrelor de apă dulce şi le analizează structura, mişcarea, mediul în care trăiesc, hrana, acţiunea luminii asupra lor, posibilităţile lor de regenerare etc.

VIERMII. Originea viermilor intestinali a reţinut multă vreme atenţia, majoritatea autorilor atribuind formarea acestora fiinţei-gazdă în care trăiesc. Prima monografie despre helminţi, publicată de către J.A.E. Goeze (1782), este încă foarte confuză. O.F. Müller introduce denumirea de planarii, ataşînd acestei grupe şi nemerţienii, a căror primă specie fusese descrisă în 1758 de către Borlase.

ROTIFERELE. Graţie microscopului, Leeuwenhoek descoperă, în 1704, rotiferele, pe care Trembley le va numi polipi cu două roţi; asemănarea lor cu roţile care se învîrtesc este remarcată de mai mulţi autori. O.F. Müller descrie aproape cincizeci de specii de polipi.

BRIOZOARELE ŞI BRAHIOPODELE. Observate încă din secolul al XVI-lea, briozoarele sînt semnalate de către Gualtieri (1742); J. Ellis şi A. Trembley descriu numeroase specii. Cît despre brahiopode, denumite astfel de către Cuvier (1802), ele vor fi mult timp confundate cu moluştele; abia în 1766, P.S. Pallas descrie prima specie veritabilă a lor.

MOLUŞTELE. Cochiologia — ştiinţa care se ocupă cu studiul scoicilor — se află la mare cinste; ea precede studiul animalului propriu-zis şi formează obiectul unor importante lucrări: *Nouveau cabinet de Conchyologie systématique*, de Martini şi Chemnitz (11 vol., 1769-1795); jurnalul lui J.S. Schroeter (12 vol., 1774—1781); *Dictionnaire encyclopédique des Mollusques* al lui J.G. Bruguières (1789). Pe de altă parte, G.S. Poli clasează moluştele după felul organelor lor de locomoţie, în timp ce Pallas recomandă, în 1768, anumite criterii în clasificarea moluştelor şi a altor animale inferioare. În sfîrşit, amintim intensa activitate de cercetare depusă de Réaumur în domeniul zoologiei nevertebratelor marine şi de apă dulce.

INSECTELE. Înflorirea entomologiei în secolul al XVIII-lea este prevestită de apariţia cîtorva lucrări originale încă din ultima decadă a secolului anterior. Vallisnieri urmăreşte dezvoltarea diferitelor insecte (furnici, ihneumonide, xilocope, crizomelide etc.). Sloane cercetează insectele exotice, iar *Teatrul animalelor* al lui J. Jonston tratează şi probleme de entomologie.

După ce adusese contribuţii valoroase în termometrie, în elaborarea aliajelor feroase şi a porţelanurilor, René Antoine Ferchault de Réaumur (1683-1757) se consacră studiului animalelor, în special al insectelor, pe care le observă cu o deosebită perspicacitate, fundamentînd cu adevărat etologia. Alegînd din fiecare gen speciile cele mai reprezentative, el întreprinde, prin cercetări precise şi minuţioase, o analiză riguroasă a vieţii şi comportării lor, fără a recurge la argumente şubrede, la anecdotă sau la concepţii antropocentrice. El publică, între 1734 şi 1742, cele şase volume ale lucrării intitulate *Mémoires pour servir à l'Histoire des Insectes* — completată ulterior cu alte două volume,

editate după manuscrisele sale. Deşi recunoaşte importanţa sistematicii, Réaumur nu încearcă să o impună, ci doar să schiţeze prima istorie etologică a insectelor, examinînd un mare număr de ordine: omizi şi fluturi, molii şi false molii, păduchi de copac şi duşmanii lor, gogoşile plantelor şi insectele lor, diptere, himenoptere (în special albine), greieri.

Réaumur a exercitat o profundă influenţă şi a orientat cercetările unor numeroşi naturalişti atraşi de această nouă ştiinţă a comportamentului. G.A. Bazin se specializează în anatomia şi fiziologia omizilor, iar Ch. Bonnet descoperă, între altele, partenogeneza la păduchii de copac (1740). P. Lyonet studiază modul de viaţă şi metamorfoza insectelor trăind în regiunea La Haye (1736—1745); lucrarea sa *Traité anatomique de la Chenille qui ronge le bois de Saule* (1760) dovedeşte spirit de observaţie şi siguranţă de mînă. Suedezul De Geer continuă opera lui Réaumur, publicînd şapte volume dintr-o lucrare intitulată *Mémoires pour servir à l'étude des Insectes* (1752—1778), în care sînt descrise peste 1 500 de specii.

Semnalăm, în sfîrşit, unele clasificări entomologice destul de satisfăcătoare efectuate de către Ch. G. Jablonsky, J.C. Fabricius şi J. Illiger, precum şi publicarea unor prime lucrări asupra faunelor entomologice naţionale (ale Angliei, Germaniei, Franţei, Suediei etc.).

VERTEBRATELE. Peştii au constituit obiectul a numeroase studii încă din secolul al XVI-lea şi al XVII-lea. Dar abia la începutul celui de al XVIII-lea, suedezul P. Artedi (ale cărui manuscrise au fost publicate în 1738 de către Linné) pune cu adevărat bazele ihtiologiei şi creează o nomenclatură care mai este folosită şi astăzi. Au mai fost publicate şi alte studii importante, printre care cele ale lui H.-L. Duhamel du Monceau, A. Broussonet, M.E. Bloch, Al. Monro (1785) şi Lacépède (*Histoire naturelle des Poissons*, 1798—1803).

În timp ce salamandrele şi broaştele constituie obiectul lucrărilor lui Dufay şi Roesel de Rosenhof, J. Laurenti (1768) şi Lacépède (1788) propun noi clasificări ale reptilelor.

Şi studiul păsărilor a fost destul de fertil. Germanul L. Frisch descrie numeroase păsări din Europa centrală şi, în special, din Germania. Sînt prezentate, de asemenea, noi clasificări aparţinînd lui P.H.G. Moehring (*Avium genera*, 1752) şi lui M.J. Brisson (1760), a cărui *Ornithologie* foloseşte considerabil cercetările lui Réaumur, materialele pe care le strînsese încă din 1740 şi planşe gravate chiar de el. Transferată la Jardin du Roi din Paris, colecţia lui Réaumur va servi, de asemenea, la redactarea lucrării lui Buffon.

Diferite încercări de clasificare mai mult sau mai puţin artificială a mamiferelor sînt întreprinse de către J.C. Schreber, T. Pennant (1771), G. O. Stow (1780), Ê. Geoffroy Saint-Hilaire şi Cuvier (1795). Anumite tipuri de mamifere sînt studiate pentru prima oară: monotremele, echidna şi ornitorincul sînt descrise de către Schaw (1799), în timp ce marsupialele constituie obiectul unei lucrări de ansamblu a lui Ét. Geoffroy Saint-Hilaire (1796). Locul exact al cetaceelor şi al sirenienilor în clasificare este obiectul unor numeroase dezbateri. Menţionăm, în sfîrşit, excelenta monografie asupra rozătoarelor a lui P. S. Pallas (1778).

OMUL. În *Histoire naturelle de l'Homme* (1749), Buffon se străduieşte să dovedească unitatea omului. El recunoaşte patru rase — europeană, etiopiană, mongolică şi americană — şi consideră că „omul alb din Europa, cel negru din Africa, cel galben din Asia şi cel roşu din America nu reprezintă decît unul şi acelaşi om, care a primit culoare diferită în raport cu climatul în care trăieşte". Varietăţile umane rezultă din interacţiunea a trei factori — climatul, alimentaţia şi modul de viaţă. În timp ce P.S. Pallas publică un studiu detaliat al rasei mongole, F. Blumenbach consideră rasele umane ca varietăţi ale unei specii unice (1775). Importanţa pe care acesta din urmă o acordă craniului face ca el să fie socotit drept unul dintre precursorii craniologiei etnografice. Dar dacă, în clasificarea sa (1779), omul deschide clasa mamiferelor, pentru M.J. Brisson şi T. Pennant omul nu constituie decît o clasă izolată.

P. Camper compară anatomia orangutanului cu cea a omului. El face diferite măsurători craniene şi descoperă astfel importanţa unghiului facial la diferitele rase umane. În sfîrşit, în 1795, C. F. Ludwig rezumă istoria naturală a omului în forma în care aceasta era cunoscută la sfîrşitul acestui secol al XVIII-lea.

Avîntul zoologiei este evident în secolul al XVIII-lea: cunoştinţele asupra speciilor animale se îmbogăţesc, în timp ce orientări noi — care vor înflori în secolul următor — încep acum să se contureze.

Gustul pentru istoria naturală este, de altfel, foarte răspîndit; admiraţia pentru natură, pentru frumuseţea, iscusinţa şi utilitatea ei este la modă. Anumite lucrări au darul să încînte pe cititori, de exemplu, *Le spectacle de la Nature* a abatelui N. A. Pluche (1732), *Mémoires* de Réaumur, *Histoire naturelle* de Buffon. Alături de valoarea sa estetică, unii atribuie istoriei naturale şi o valoare religioasă. Astfel, filozoful J. G. Sulzer consacră o carte frumuseţilor naturii, pastorul F. C. Lesser — autorul unei *Insectoteologii* (1735—1738) şi al unei *Testaceoteologii* (1744) — şi alţi autori fac unele consideraţii religioase asupra păsărilor (J. H. Zorn, 1742) sau a peştilor (J. G. Ohnefalschrichter, 1734) etc.

CAPITOLUL V
Botanica

În botanică, secolul al XVIII-lea nu este decît continuarea secolului precedent. Marile discipline pe care le-am văzut luînd ființă în acest secol — taxonomia, fiziologia, biologia sexuală — pot fi regăsite în plin avînt; o excepție o constituie anatomia, care cunoaște o oarecare stagnare. Ramurile amintite însă se desfășoară și progresează cu pași gigantici. Chiar dacă originalitatea nu mai poate fi întîlnită în alegerea temelor sau a metodelor, ea este acum prezentă în importanța acordată aplicațiilor și reînnoirii conceptelor de bază. Secolul lui Leibniz și al lui Newton nu este desigur superior secolului lui Descartes în ceea ce privește îndrăzneala gîndirii, dar îl depășește în mod cert în complexitate. De aici se nasc contradicții adînci și fecunde, care duc la stabilirea — sau uneori doar la tentativa de stabilire — a unor definiții riguroase pentru noțiuni sau teorii de importanță capitală, cum sînt cele de specie, ereditate, transformism, biologie și chiar de selecție naturală sau de unitate celulară (C. F. Wolff).

Efortul acestei epoci se îndreaptă spre o clarificare generală în ceea ce privește concepția asupra naturii, spre *instaurarea* bazelor generale ale biologiei. Gîndirea carteziană, mergînd în pas cu atomismul antic, cunoaște tocmai în acest secol-pivot o îmbogățire și o împletire strînsă cu o gîndire nouă, cea a lui Leibniz, care apasă asupra întregului secol și căreia i se datoresc anumite rupturi cu biologia carteziană; acestea vor duce atît la progrese decisive, cît și la pași înapoi.

Botaniștii iau parte activă la marile cercetări ale acestui moment. Mulți dintre ei sînt încă ecleziaști sau oameni adînc religioși (Hales, Linné, frații Jussieu, Priestley, Kölreuter, Sprengel, Bonnet, Senebier etc.) — din acest punct de vedere, mult deosebiți de un Buffon sau un Adanson — dar toți se vor lăsa antrenați de o gîndire pozitivă, de multe ori trecînd peste orice prudență. Încrezători în știință, ei cer acesteia să confirme credința sau filozofia lor, chiar cu prețul unor modificări nesfîrșite aduse teologiei sau principiilor de la care ei înșiși porniseră.

Majoritatea istoricilor sînt de acord că noțiuni astăzi îndeobște condamnate, cum sînt cele de fixism, preformism, vitalism sau finalism, au fost de multe ori, în împrejurările secolului al XVIII-lea, aproximații necesare pentru aflarea adevărului și punctul de plecare pentru progrese importante. „Știința,

scria Hoskin (1961) în legătură cu Hales, era o ocupaţie religioasă; în *Vegetable Statics*, atenţia ne este în mod constant atrasă asupra a ceea ce Hales vedea ca intenţia şi ţelul naturii." Iar Linné, fiu de preot, exclama la adresa lui Dumnezeu: „Tot ce ai făurit te va lăuda în vecii vecilor!"; ar fi putut fi oare opera sa aşezată pe alte baze decît cele ale unui fixism de neclintit? Tocmai datorită credinţei sale şi a convingerii în existenţa unei armonii prestabilite — într-o vreme cînd noţiunea de selecţie naturală nu era practic încă întrevăzută — scrie Sprengel una dintre cele mai pure opere din literatura botanică; din această cauză ţine el, ca şi marele său compatriot elveţian Haller, la noţiunea de preformism — indispensabilă înaintea apariţiei teoriei celulare; pentru acelaşi motiv, pastorul Vaucher respinge teoria generaţiei spontanee la alge şi poate dovedi existenţa reproducerii sexuale la aceste organisme (1803). Iar dacă marele Lamarck îl depăşeşte pe Buffon, este pentru că o gîndire vitalistă (într-un anumit sens) convenea mai bine pentru sfîrşitul secolului al XVIII-lea decît materialismul mecanicist pentru a încerca o explicare a formelor organice şi a raporturilor dintre ele.

Desigur, un Siegesbeck (1737) nu poate recunoaşte ideea abundenţei polenului în raport cu numărul de ovule şi nu poate crede că o astfel de „prostituţie ruşinoasă" este opera celui Atotputernic (cf. R. C. Olby, *Origins of Mendelism*, 1966). Dar marii autori nu au atîtea scrupule, Dumnezeu nu constituie niciodată un obstacol pentru ei. Linné admite naşterea în zilele noastre a speciilor efemere, după el — jocuri ale naturii, tolerate de Creator. Linné chiar admite o teorie semievolutivă, bazată pe existenţa unei *oarecari* creări de specii prin hibridizare — teorie răsturnată spre 1765 prin lucrările botanice ale lui Kölreuter, care continuă cercetările lui Buffon asupra hibridizării animale: încrucişările nu duc decît la sterilitatea hibrizilor.

Este demn de menţionat aici un fapt foarte remarcabil — mersul contradictoriu al ideilor. Căutînd, de dragul clasificării, să stabilească o definiţie a speciilor şi reuşind pe această cale să degaje noţiunea de reproducere ca criteriu fundamental, secolul al XVIII-lea marchează o etapă, dar în acelaşi timp se privează de orice posibilitate de a înţelege adevăratele raporturi pe care fiinţele vii le au între ele. Această concepţie asupra speciei implica pe atunci, în adevăr, negarea transformismului (Ray, Buffon, Kölreuter, Pallas etc.) — poziţie adoptată mai tîrziu şi de Adanson, după 1763. Ce încurcătură, gîndea piosul Kolreuter, dacă speciile pot fi create după voinţă, prin hibridizare! Ne aflăm la un secol după Ray, dar numai ridicîndu-se împotriva tuturor categoriilor taxonomice, inclusiv specie, reuşeşte Lamarck să fundamenteze transformismul. Contradicţia nu va fi depăşită decît de către Darwin, care va reconcilia noţiunile de specie şi de transformism şi va sesiza această complementaritate necesară — dar neglijînd şi el, la rîndul său, integrarea noţiunii de ereditate particulară, introdusă de Maupertuis.

Secolul al XVIII-lea este un adevărat focar al biologiei: ideile se nasc şi se ciocnesc, cercetările se înmulţesc şi se precizează în aceeaşi măsură ca şi problemele, în mijlocul acestei dezordini şi acestor confuzii caracteristice oricărui mare început. Dar cum s-ar putea face, în această geneză grandioasă şi inconştientă, o delimitare clară a ceea ce aparţine botaniştilor, zoologilor

sau chiar fizicienilor și chimiștilor (cum au fost Hales, Linné, Haller sau Lamarck, naturaliști completi, uneori chiar gînditori, filozofi sau poeți — ca Haller)?

Secolul al XVII-lea a pus bazele unei științe comune pentru plante și animale; cel de-al XVIII-lea se consacră acestui țel cu atîta ardoare — mai ales prin Buffon —, încît știința prinde ființă și cere un nume. Este momentul în care cunoașterea biologică își făurește propria sa structură.

A. SISTEMATICA

LINNÉ ȘI NOMENCLATURA LINNEANĂ. Numele suedezului Carl von Linné (sau Carl Linnaeus, 1707—1778) a dominat întreaga istorie a botanicii secolului al XVIII-lea. Linné, fiul unui pastor protestant, și-a făcut studiile de medicină mai întîi la Lund, apoi la Uppsala. Dotat cu un geniu de cercetător foarte pur și deosebit de timpuriu, el se dedică încă din perioada studiilor (1729) unei pasiuni născînde, istoria naturală, mai ales botanica. El deja este — și va fi mereu — un artist, un estet, un fanatic al cunoașterii dezinteresate. Întotdeauna va vedea lumea ca pe un obiect minunat, demn de admirat, dar care nu se trădează în țelurile sale grandioase decît silită de timp sau de pasiune pentru cercetare; de aici necesitatea de a da ființelor un nume, de a le descrie și — pentru a nu pierde firul — de a le clasifica. Maniera lineeană de a clasifica capătă în adevăr o amploare incomparabilă. Se știe că Linné a pornit de la Cesalpino, John Ray și Tournefort. Sachs și alții au susținut că Linné, cu spiritul său scolastic, nu putea deschide nici o perspectivă științei moderne; este adevărat. Totuși el a scris o operă care rămîne unul dintre cele mai impozante monumente ale gîndirii creaționiste — gîndire atît de importantă pînă în secolul al XIX-lea. Linné a publicat enorm. În afară de faimoasa *Systema naturae* (1735) și operele de bază: *Fundamenta botanica* (1736), *Classes plantarum* (1738), *Philosophia botanica* (1751), trebuie să mai citățm: *Bibliotheca botanica* (1736), *Critica botanica* (1737), *Genera plantarum* (1737) (ediția a 5-a în 1754), *Hortus Cliffortianus* (1738), *Species plantarum* (1753), *Amoenitates academicae* (1749—1769).

Înainte de a scrie, Linné a călătorit mult. Încă la vîrsta de 25 de ani el pleacă în Laponia călare; este o călătorie memorabilă, căreia îi datorăm, în afară de o povestire, o foarte frumoasă *Flora lapponica* (1737). După ce parcurge Germania, începînd din 1735, el trăiește în Olanda, unde întîlnește pe juristul Clifford și pe cîțiva mari naturaliști: J. F. Gronovius, autor, împreună cu J. Clayton (1694—1773), al lucrării *Flora virginica* (1739, 1743, 1762), Hermann Boerhaave, care a îmbunătățit descrierile genealogice ale lui Tournefort. Linné se întoarce în Suedia în 1738, dar traversînd Anglia și Franța și luînd contact cu naturaliști celebri ai epocii, ca J. D. Dillen, Sir Hans Sloane, frații Bernard și Antoine de Jussieu.

Admirabilele învățăminte ale lui Camerarius asupra sexualității plantelor ajung la tînărul Linné prin mijlocirea memoriului lui S. Vaillant (1717),

elev al lui Tournefort la Jardin des Plantes din Paris. Acesta a încolţit şi a dat roade imediat: sistemul sexual s-a născut. Linné îşi expune în *Systema naturae* (1735) principiile pe care se hotărăşte să le adopte în ce priveşte modul de clasificare. Mai întîi o simplă schiţă de vreo zece pagini, această lucrare a cunoscut 12 ediţii succesive, dintre care ultima, în 4 volume (1766—1788), a fost tradusă în numeroase limbi.

Metoda, denumită sistem sexual, este bazată pe numărul de stamine (monandrie, diandrie ..., poliandrie), pe raporturile dintre ele (monadelfie, diadelfie, ..., poliadelfie) şi pe tipul sexualităţii — plante cu flori hermafrodite, sau monice, sau dioice, sau poligame şi criptogame (cu sexualitatea ascunsă şi necunoscută). Numărul de ovare (monoginie, diginie, ...) nu intervine decît în mod secundar.

Concepută într-o admirabilă formă schematică, ea ajută la recunoaşterea uşoară a 24 de clase, împărţite în ordine. Cu toate imperfecţiunile sale, metoda pasionează pe botaniştii epocii, care se împart în admiratori, printre care numeroşi elevi ai lui Linné (Hasselquist, Torén, Osbeck, Loefling, Thunberg, Forsskål, Solander, Gleditsch etc.), sau în adversari (ca Siegesbeck, Ludwig, J. C. Fabricius, Heister, Scopoli şi Haller). Ea îi aduce lui Linné o celebritate considerabilă, care îi permite să impună o a doua reformă, cu mult mai importantă, după care toate fiinţele vii ar trebui să fie desemnate printr-un substantiv, indicînd genul şi printr-un adjectiv, indicînd specia, totul în limba latină. Dacă clasificarea lui Linné a fost cu timpul părăsită, nomenclatura linneană s-a impus din ce în ce mai mult şi este şi astăzi universal acceptată.

În afară de aceasta, prin grija pe care o pune în a distinge şi a numi, apelînd la caractere legate de floare, Linné a îmbogăţit considerabil şi a fixat vocabularul tehnic al fitotaxonomiei. El rămîne astfel cel mai însemnat reformator al glosologiei şi al artei de a descrie.

Pentru toate aceste motive, Linné a cunoscut gloria încă din timpul vieţii. El a fost înnobilat de către regele Suediei, iar după moarte a fost înmormîntat alături de regi, la catedrala din Uppsala.

În taxonomia secolului al XVII-lea, mai ales la Tournefort, exista o nedumerire din care au rezultat cele două mari mişcări ale secolului al XVIII-lea; una culminînd cu Linné, alta reprezentată de fraţii Jussieu şi de Adanson. Pentru aceştia din urmă, metoda este o urmare directă a naturii înseşi, este *unică* şi *obiectivă*. Pentru Linné, ea este un instrument construit de către om, un instrument care permite identificarea şi denumirea genurilor şi speciilor. Linné a reuşit unicul tur de forţă de a clădi metoda cea mai simplă, cea mai clară şi cea mai utilă care a fost imaginată vreodată. Bazată pe o concepţie care nu face în mod voit nici cel mai mic loc ierarhiei naturale de deasupra nivelului genealogic, metoda este în întregime artificială şi reprezintă un imens pas înapoi, dar ea a apărut exact în momentul cînd de peste tot se adunau colecţii noi, salvînd astfel în mod cert botanica de la un iremedial impas. În plus, metoda a arătat deşertăciunea cercetării unor sisteme artificiale. Adanson, un alt mare expert în manevrarea caracterelor, îl va combate pe

Linné fără menajamente, dar în același timp va ști să tragă o lecție din impasul linnean.

Prin *sistemul* său *sexual*, îndeosebi creînd clasa criptogamelor, a plantelor fără flori aparente (ferigile, mușchii, algele, ciupercile), Linné avansa oarecum o teorie a sexualității vegetale generalizate. Ipoteza unei sexualități generale a tuturor ființelor vii prindea ființă; ea va fi mai tîrziu foarte prolifică (Hedwig, Vaucher etc.).

Opera linneană, în același timp grandioasă și perisabilă, a fost creată prin contribuția comună a înțelepciunii și a geniului. Linné a cunoscut dublul mesaj al lui Tournefort: el a încercat să introducă în uz metoda naturală. Încă din 1738 *(Fragmenta methodi naturalis)*, Linné distingea 65 de grupe. El a schițat apoi *(Philosophia botanica*, 1751*)* o concepție generală a regnului vegetal împărțit în trei clase: acotiledonate, monocotiledonate și policotiledonate. Aceasta a constituit baza lucrărilor familiei de botaniști Jussieu.

BERNARD ȘI A. -L. DE JUSSIEU, ADANSON ȘI CLASIFICAREA NATURALĂ. Adanson și botaniștii francezi din familia de Jussieu și-au împărțit meritul de a pune bazele acestei clasificări naturale pe care însuși Linné dorise atît de mult s-o realizeze.

Familia de Jussieu, care număra cinci reprezentanți iluștri: Antoine, Bernard, Antoine-Laurent, Joseph și Adrien, a contribuit la cele mai mari progrese ale acestei sistematizări. Bernard de Jussieu (1699—1777), mai cu seamă, și-a legat numele de această clasificare. Ocupînd postul de subdemonstrator la Jardin du Roi, acest savant modest, cu temperament meditativ, își petrecea ore întregi, în liniște, în cabinetul său de lucru, în tovărășia nepotului său Antoine-Laurent. Primind însărcinarea, din partea regelui Ludovic al XV-lea, de a planta o grădină botanică la Micul Trianon, el adoptă, pentru prima oară, o ordine naturală de clasificare. De la el n-au rămas, de altfel, decît trei publicații, una despre *Pilularia*, a doua despre florile de *Lemna* și, în sfîrșit, ultima, care confirma natura animală a *Zoantariilor*, pe care le descoperise Peyssonnel.

Cei care aveau să aducă triumful principiului clasificării naturale aveau să fie Antoine-Laurent de Jussieu (1748—1836) și Adanson. Antoine-Laurent de Jussieu aplică pentru prima oară această clasificare, în anul 1779, în lucrarea *l'Examen de la famille des Renoncules*, în care arată că, în ciuda diferențelor de formă, de structură și de simetrie, care pot fi observate la florile diferiților reprezentanți ai acestei familii, există totuși trăsături comune, corespunzînd legăturilor de rudenie, care permit să fie plasate în aceeași familie naturală. El expune marile linii ale acestei clasificări, în anul 1789, în lucrarea sa *Genera plantarum*, distingînd trei mari diviziuni: acotiledonate, monocotiledonate și dicotiledonate, ultimele două fiind, la rîndul lor, subîmpărțite, respectiv în 3 și 11 clase, după poziția staminelor în raport cu ovarul (monocotiledonate și dicotiledonate hipogine, perigine și epigine) sau la dicotiledonate, după caracteristicile corolei (apetale, monopetale și polipetale; corolă hipogină, perigină și epigină).

Jussieu recunoaşte vreo sută de familii care mai sînt încă acceptate şi astăzi, şi dintre care mai mult de jumătate au rămas nemodificate. Devenit profesor la muzeu în 1793, el şi-a petrecut ultimii ani din viaţă perfecţionîndu-şi opera[1].

Metoda Jussieu — oricît de retrograde ar fi principiile a priori prin care pretindea el că o justifică — introduce o perspectivă nouă. La noţiunile de specie naturală şi de gen natural, deja bine stabilite de Linné, el adaugă cea de familie naturală (datorată de fapt lui Magnol), şi pe cea de diviziuni superioare, bazate pe structura seminţelor (avansată de Ray). Din ierarhia astfel iniţiată se degajează noţiunea de *progres în organizare*, noţiune care va deveni fundamentală în opera lui Lamarck.

Cam în acelaşi timp, metoda naturală preocupa pe un elev al lui Bernard de Jussieu, Michel Adanson (1727—1806), dar într-o direcţie cu totul diferită. Discipol al lui Tournefort şi al lui Buffon, el condamnă pe făuritorii de sisteme artificiale, în frunte cu Linné, şi pretinde că foloseşte singurul sistem universal, sistemul obiectiv, cel al naturii. Spre deosebire de Jussieu, care invita la *cîntărirea şi calcularea caracterelor*, Adanson afirmă că natura trebuie să-şi dezvăluie planurile ca însăşi. Refuzînd metoda *abstractivă*, clasificatorul trebuie, după el, să se mărginească la înregistrare. Pentru a reuşi — o singură reţetă: a lua în consideraţie *toate* caracterele şi a le considera încă de la început ca fiind *egal de importante*.

Niciodată dorinţa de obiectivitate nu fusese împinsă atît de departe. Procedînd astfel, Adanson inaugurează o metodă taxonomică care nu va fi reluată şi nu se va dezvolta decît două secole mai tîrziu. Înainte de a ajunge la această concepţie — expusă în lucrarea celebră *Famille des plantes* (1763) — Adanson elaborase numeroase alte sisteme: 25 dintre ele chiar înainte de a împlini 20 de ani. În cursul unei îndelungate şederi în Senegal (1749—1754), în faţa extravagantei bogăţii a florii tropicale, îşi dă seama de inutilitatea aproape totală a sistemelor. Totuşi se pare că practica folosirii şi fabricării unor astfel de sisteme a fost o etapă necesară nu numai pe plan practic, dar chiar şi în cadrul general al evoluţiei metodologice. Însuşi Adanson le justifica, în măsura în care ele, luate în ansamblu, permiteau să se scoată în evidenţă subordonarea şi raporturile dintre caractere. „Ansamblul unor astfel de metode, scrie el, furnizează toate raporturile existente sau observate între toate părţile plantei, raporturi din care au luat naştere cele 58 de familii ale noastre." Ideea atît de nouă de taxonomie obiectivă, care prefigurează de fapt metodele electronice moderne, şi care era cu totul potrivnică vederilor lui Jussieu, avea ca punct de plecare etapa sistemelor subiective.

În realitate, Jussieu şi Adanson, cu toată deosebirea dintre principiile lor, se reunesc în elaborarea unei clasificări solide, bazată concomitent pe bunul-

[1] Antoine de Jussieu (1686-1758), fratele mai mare al lui Bernard, îi urmează lui Tournefort la Jardin du Roi. El publică rezultatele lui P. Barrelier, ca şi prima lucrare franceză de paleobotanică despre urmele de plante observate la Saint-Chamond. L-au preocupat şi plantele exotice, mai cu seamă arborele de cafea. Fratele său mezin, Joseph (1704-1779), a trăit mult timp în America de Sud, a cărei floră a studiat-o. În sfîrşit, Adrien de Jussieu (1797-1853), strănepotul celor precedenţi, a fost, ca şi ei, profesor la Muzeu şi a publicat mai multe monografii despre familiile de plante. — *N.A.*

simț și pe o cunoaștere desăvîrșită a plantelor. Aceasta este baza de la care vor porni A.-P. de Candolle în 1805 și R. Brown în 1810.

Cu toate acestea, pe plan teoretic, frumoasa operă a lui Jussieu și Adanson constituie un eșec. Autorii au atins literalmente cu degetul faimosul fruct întrevăzut de Buffon — și încă în faza lui de maturitate: natura genetică a raporturilor taxonomice. Dar, din spatele ecranului conceptual al reprezentării aristotelice, ei nu l-au văzut.

ALTE LUCRĂRI. Continuînd să adopte clasificarea lui Tournefort, R.L. Desfontaines (1750—1833) dovedea o rămînere în urmă față de epoca sa. Dar fiind numit, în anul 1786, profesor la Jardin du Roi, el începe să adune celebrul ierbar al Muzeului, extrăgînd dubluri din toate ierbarele particulare care se refereau mai cu seamă la toate ținuturile, lucrare de mari proporții, ce a contribuit mult la progresul sistematizării. Desfontaines studiază lucrarea *l'Organisation des Monocotylédones* (1798) și publică o *Histoire des arbres et arbrisseaux qui peuvent être cultivés en pleine terre sur le sol de France*.

În timp ce F. Boissier de Sauvages publica, în anul 1751, o clasificare a plantelor după forma și dispoziția frunzelor, elevul său A. Gouan studiază asemănările și diferențele dintre animale și plante, dînd o explicație sistemului lui Linné. Urmașul lui Brutelle aprofunda sistematizarea plantelor exotice, dînd mai multe monografii de acest gen. În remarcabila lucrare *Histoire naturelle des Fraisiers* (1766) a lui N. Duchesne se găsește descrierea unuia dintre primele exemple de mutație: *Fragaria monophylla*, ca și observații valoroase asupra modificării speciilor.

În Germania, J. Gärtner a creat adevărata carpologie, studiind mai mult de o mie de fructe, în lucrarea sa *De fructibus et seminibus plantarum* (1789—1794). În 1733, în timp ce G. Bose îi lua apărarea lui Tournefort, C. Knaut se străduia să modifice sistemul lui Rivinus, adoptat de către Ludwig. În același timp G. Kramer încerca să împace cele două metode, iar Gleditsch publica lucrarea *Systema plantarum a staminum situ* (1764) care a fost folosită de către A.L. de Jussieu. Mai trebuie să menționăm încă două lucrări remarcabile: *Icones plantarum* de C. Schmiedel și *Plantae selectae* de Ehret. Să ne amintim, în sfîrșit, că într-o scrisoare către Leibniz — reprodusă în 1750 de către L. Heister — Burckhard arăta, înaintea lui Linné, că dispoziția staminelor și a pistilului permitea clasificarea foarte ușoară a plantelor. În timp ce în Anglia, Bradley studia plantele grase și Ellis plantele exotice, iar în Australia N. Crantz, J. Schreber și S. Miller studiau în detaliu mai multe familii de plante și numeroase tipuri de flori, olandezii A. van Royen și J. de Wachendorff erau preocupați de metodele de clasificare. Suedia, datorită lui Linné și a numeroșilor săi elevi — mai cu seamă P. Artedi care clasifică umbeliferele după coleretă — apărea ca patria sistematizării. Botanica elvețiană, dominată de numele lui Albert von Haller, a cunoscut reprezentanți eminenți, cum au fost J. Scheuchzer, J. König și J. Gesner etc. În timp ce, în Italia, P. Michell observa glumela gramineelor, Scopoli, în lucrarea sa *Flora carniolica* (1772), studia modificările suferite de plantele care trăiesc în mediul peșterilor. Gustul pentru studiul botanicii s-a răspîn-

dit și în Spania, datorită lui G. Gómez Ortega și abatelui Cavanilles, care a înființat *Anales de historia natural*, acordînd o prea mare importanță nomenclaturii.

FLORA. Studiul florei din diferitele țări ale Europei a luat, de asemenea, o dezvoltare considerabilă. În Franța, flora regiunii pariziene a fost studiată de J. Guettard, care a publicat, în anul 1747, *Observații asupra plantelor* din regiunea Etampes și Orléans, și de P. Bulliard care, în afara lucrării sale *Flora parisiensis* (apărută în 1774), a publicat un *Herbier de la France* și o *Histoire des plantes suspectes et vénéneuses* (în 1794). Numeroase alte lucrări au fost consacrate florei diferitelor provincii: flora din Nantes, de către Bonami; flora din Lorraine, de Marquet și Buchoz; flora din Auvergne, de Delarbre; din Pirinei, de abatele Pourret; din Dauphiné, de Villars; din Montpellier, de Gouan etc.

În Anglia au fost publicate numeroase cataloage de plante indigene de către J. Hill, J. Edwards și J.E. Smith, W. Hudson etc. În timp ce flora Belgiei era studiată de Gorter și Necker, cea a Germaniei făcea obiectul monografiilor regionale: Prusia, regiunile din jurul orașelor Leipzig, Frankfurt, Jena, Stuttgart, Würtemberg, Harz și Marele Ducat de Baden etc., și al cîtorva studii de ansamblu, ca cele ale lui G. Hoffmann, Borkhausen și G. Rohr. În decursul secolului al XVIII-lea au mai apărut și alte numeroase lucrări de floră națională sau locală: Austria, de Jackuin; Boemia, Danemarca, de Oeder; Suedia, de O. Swartz; Laponia, de Linné; Norvegia, de Gunner și de Vahl; Islanda și Groenlanda, Polonia, de Gilibert; Rusia, de P. Deschizeaux, de Buxbaum, de Gmelin; Elveția de A. von Haller, de Scheuchzer, de H.—B. de Saussure etc.; Italia de Scopoli, de P. Micheli etc.; Spania, de Cavanilles, Quer y Martinez și Gómez de Ortega; Portugalia, de Brotero de Avelar. Astfel, paralel cu explorarea ținuturilor îndepărtate, se ducea o muncă migăloasă de inventariere a florelor ținuturilor europene, muncă ce a permis ca botanica să se îmbogățească cu numeroase contribuții originale.

CRIPTOGAMOLOGIA. Această știință, pînă atunci încă foarte puțin cunoscută, a început să facă unele progrese, așa după cum reiese din florele alcătuite în epoca aceea. Ferigile au fost studiate de O. Swartz, J. Bolton, Hedwig, Gmelin etc. Mușchii au fost cercetați de marele criptogamolog J. Dillen (Dillenius) (1687—1747), care a făcut primul distincția dintre genurile *Bryum*, *Hypnum*, *Sphagnum*, descriind mai multe sute de specii noi de mușchi și de ciuperci. Combătut de către Linné, care lua capsulele mușchilor drept antene umplute de polen, Hedwig a extins cunoștințele noastre despre briofite prin lucrarea sa *Fundamentorum historiae naturalis muscorum frondosorum*, 1787—1797. Mai trebuie să menționăm lucrările lui Necker, Buxbaum etc.

Algele marine din Marea Adriatică au fost studiate de V. Donati; alga brună (*Fucus*) a fost studiată de către S. Gmelin și de Réaumur, care s-a străduit să-i regăsească organe reproducătoare asemănătoare cu cele ale plantelor superioare, și de către Ellis, pe care l-au interesat mai mult coralii.

C. Persoon a publicat lucrări fundamentale asupra morfologiei și clasificării ciupercilor, la fel ca și P. Bulliard (1752—1793), dintre ale cărui lucrări

trebuie să menţionăm *Herbier de la France* şi mai cu seamă *Histoire des champignons de France*, ilustrată cu planşe frumoase, în care descrie organele reproducătoare şi repartiţia acestor plante. Mai trebuie menţionate încă tratatul lui J. Paulet (1775) şi cercetările lui Gleditsch asupra sexualităţii ciupercilor.

Lichenii au făcut obiectul lucrărilor fundamentale ale suedezului E. Acharius (1757—1819). „Părintele lichenologiei" a împărţit genul *Lichen* în 40 de alte subdiviziuni, sporind numărul speciilor cunoscute pe atunci la mai mult de 800. Mai trebuie să menţionăm apariţia marilor lucrări generale de criptogamologie, datorate lui Micheli, Hoffmann, Dickson şi Kölreuter, care a extins „sistemul sexual" la criptogame.

B. ANATOMIA ŞI FIZIOLOGIA PLANTELOR

ANATOMIA VEGETALĂ. Deşi a fost bine studiată, mai cu seamă în Germania, această disciplină a făcut mai puţine progrese decît în secolul precedent. Către anul 1720, filozoful german Christian von Wolf a expus idei teoretice asupra structurii vegetalelor, în timp ce în 1759 C.F. Wolff prezenta primele noţiuni de organogenie vegetală în lucrarea sa *Theoria generationis*. Comparînd ţesuturile unei plante tinere cu cavităţile unui aluat de pîine în fermentaţie, el a arătat că tija este constituită din prelungirea ţesuturilor foliare şi că părţile florale nu sînt decît frunze modificate. Aceste idei, care pe atunci au trecut neobservate, au fost reluate, cincizeci de ani mai tîrziu, de Goethe şi apoi de către Mirbel. Hedwig a studiat ornamentaţia vaselor de lemn; Duhamel du Monceau, structura lemnului şi anatomia perei; R. Bradley, structura plantelor grase; H. B. de Saussure, pe aceea a stomatelor; J.H.D. Moldenhawer a observat laticiferele etc.

PRIMELE LUCRĂRI DESPRE FECUNDAŢIE. În secolul trecut, Camerarius arătase că plantele erau, ca şi animalele, prevăzute cu organe reproducătoare şi că era necesară o fecundaţie pentru ca sămînţa să se poată dezvolta. Această concepţie, deşi limpede şi logică, i-a împărţit pe botaniştii secolului al XVIII-lea în tabere adverse, cei mai numeroşi şi mai iluştri fiind, la început, cei ce contestau sexualitatea plantelor. Printre ei se numărau Tournefort, Kramer (care considera teoria sexualităţii plantelor drept inepţie, impudică şi nelegiuită !), Pontedera, Spallanzani care a realizat, împreună cu F. Moeller, experienţe interesante, dar dificile, asupra fecundaţiei florilor de busuioc, de cînepă şi de spanac, dar pe care nu a ştiut să le interpreteze corect.

Chiar dacă, aşa cum s-a spus (Roberts, 1965), Camerarius şi Kölreuter reprezintă două momente extrem de importante în istoria dinainte de 1766 a geneticii, ar fi nedrept să nu recunoaştem rolul însemnat al lui Linné. Contribuţia sa în acest domeniu nu a fost, este drept, decît indirectă. Susţinător al ideii sexualităţii vegetale şi clădind pe aceasta unul dintre cele mai celebre

sisteme taxonomice, Linné — urmaș al lui Leibniz — deschidea calea pentru adeziuni. Dar meritul său este de a fi lansat ideea a două teorii — geneza speciilor prin hibridizare și reproducerea sexuală generalizată. Cam în același timp, filozoful materialist La Mettrie publica *L'homme—plante* (1748), lucrare în care este dezvoltată ideea unei similitudini a marilor funcțiuni (hrănirea, respirația, nașterea) între un animal perfecționat și o plantă.

Cîteva lucrări asupra hibridizării și a sexualității au existat și înaintea lui Linné, datorate lui Th. Fairchild (asupra garoafei), Richard Bradley (1718), P. Miller (1731). Alte lucrări apar la mare interval: James Logan (1739), J.G. Gleditsch (1749). Mai trebuie citate lucrările lui C.J. Geoffroy, care publică în 1711 un *Mémoire sur la structure et sur l'usage des diverses parties des fleurs*, în care figurează diferite tipuri de grăunțe de polen. Mai menționăm că germanul Gleichen (Russworm) observă pentru prima dată un tub polinic la o plantă de *Asclepias*.

O dată cu cea de a doua jumătate a secolului apar marile opere asociate cu numele lui J.G. Kölreuter (1761—1766) și C.K. Sprengel (1793). Fondator al științei hibridizării și, într-un anumit sens, fondator al geneticii (el este, printre altele, autorul termenului de *vigoare a hibridului*), Kölreuter impune admirația prin calitatea și întinderea operei sale (500 de hibridizări diferite asupra a 138 de specii; studiul polenului la 1 000 de specii). Numai datorită lui sînt obținuți, pentru prima oară, hibrizi în număr mare, și descriși cu minuțiozitate: hibrizi din prima generație și din a doua generație (fiind recunoscute cele trei tipuri din care Mendel avea să stabilească mai tîrziu anumite proporții numerice), precum și retroîncrucișările. Aceluiași experimentator i se datorește, de asemenea, respingerea bine motivată a teoriei prereformiste, care i se pare incompatibilă cu: 1) caracterul intermediar al hibrizilor; 2) identitatea încrucișărilor reciproce; 3) „transmutația". Dar unul dintre rezultatele cele mai neașteptate și mai supărătoare ale cercetărilor lui Kölreuter este de a-și fi întărit credința în permanența speciilor. Fiind extrem de pios, Kölreuter credea că poate demonstra, spre deosebire de Linné, că prin hibridizare nu se pot obține specii noi.

Un eveniment magistral, și anume apariția biologiei florale, are loc spre sfîrșitul secolului al XVIII-lea, în 1793. În acest an, C.K. Sprengel publică lucrarea care l-a făcut celebru, *Das entdeckte Geheimnis der Natur...* (Misterul naturii dezvăluit). Autorul demonstrează că majoritatea florilor hermafrodite nu pot fi fecundate de propriul lor polen, deoarece organele lor de reproducere nu ajung la maturitate în același timp (dichogamie). Tot el pune în evidență rolul important și încă insuficient cunoscut al insectelor în procesul de fecundare și arată felul în care florile le atrag prin culorile, mirosul și polenul lor. Apoi descrie relațiile care există între forma și pilozitatea insectelor și așezarea staminelor și pistilului în diferite tipuri de flori. În sfîrșit, el remarcă abundența și greutatea mică a grăunțelor de polen ale florilor fecundate prin intervenția vîntului. Opera lui Sprengel a lămurit cu adevărat structura florală și multe probleme legate de aceasta. Darwin va apela deseori la ea.

J.T. Needham, în scrierile sale *New Microscopical Discoveries* (1745), a prezentat numeroase observaţii asupra grăunţelor de polen, pe care le-a văzut plesnind în apă şi răspîndind, după el, germenii care nu se puteau dezvolta decît pe ovare. Să amintim, în sfîrşit, celebrele cercetări ale medicului italian A. Vallisnieri asupra ciudatei fecundaţii, la suprafaţa apei, a unei plante acvatice, care, de altfel, i-a fost dedicată, şi cercetarea lui Wallerius asupra fecundaţiei artificiale (1752).

STEPHEN HALES ŞI CIRCULAŢIA SEVEI. Trei mari probleme au reţinut, de asemenea, atenţia savanţilor din această epocă: circulaţia sevei, schimbările gazoase şi mişcările plantelor.

Circulaţia sevei a fost studiată de iezuitul francez N. Sarrabat (1698—1737) care — pentru a putea urmări mişcarea sevei în vase — a avut ingenioasa idee de a scufunda extremitatea tulpinelor de *Phytolacca* într-o soluţie colorată în roşu, pe cale naturală, realizînd astfel unul dintre primele exemple de coloraţie vitală. El a observat că urcarea sevei se făcea numai prin vase. Dar mai cu seamă Stephen Hales (1677—1761) este acela căruia i se datorează primele cercetări asupra urcării sevei, efectuate numai din dorinţa de a le explica prin cauze fizice. În lucrarea sa *Vegetable Staticks* (1727), el a descris mai mult de 140 de experienţe destinate să arate acţiunea căldurii solare asupra urcării sevei. El a măsurat, comparativ, cantităţile de apă absorbite prin rădăcini şi împrăştiate prin frunze şi a comparat urcarea sevei cu nivelul apei din tuburile capilare. Această lucrare a avut un mare răsunet şi a fost tradusă curînd în mai multe limbi şi, în mod special, în franceză, de către Buffon (1735). Experienţele lui Hales au fost reluate şi completate de Guettard în lucrarea sa *Mémoire sur la transpiration insensible des plantes.*

În aceeaşi epocă, Charles Bonnet, în scrierile sale *Recherches sur l'usage des feuilles* (1754) s-a străduit să arate îndeosebi rolul acestor organe în absorbţia apei cu ajutorul experienţelor care, din păcate, nu sînt întotdeauna convingătoare. Duhamel du Monceau a făcut distincţia dintre „transpiraţia sensibilă", în cazul în care apa iese în stare lichidă, şi „transpiraţia insensibilă", cînd apa iese în stare de vapori. Nici el şi nici Bonnet n-au îndrăznit să afirme existenţa unei seve descendente şi ascendente. Cu toate acestea, van Marum, ca şi atîţi alţi savanţi din această epocă, continua să compare circulaţia sevei cu cea a sîngelui, iar G. Bazin compara vasele plantelor cu traheele insectelor.

SCHIMBURILE GAZOASE. Numai către sfîrşitul secolului al XVIII-lea au început să apară primele lucrări asupra schimburilor gazoase dintre plante şi atmosferă, datorită progresului hotărîtor pe care Lavoisier l-a realizat în studiul funcţiilor chimice şi al compoziţiei aerului. În însemnările sale, marele chimist arată că plantele scot din aer, din apă şi din regnul mineral substanţele care le sînt necesare, în timp ce fermentaţia, putrefacţia şi combustia redau atmosferei elementele care i-au fost împrumutate. La rîndul lui, J. Priestley descoperise, în anul 1771, că plantele verzi aveau, la lumină, proprietatea de a se însufleţi, apa viciată de aerul nemişcat provenind din

respiraţia lor în întuneric. Pe de altă parte, el a arătat proporţia de aer irespirabil („aer deflogisticat") din atmosferă.

Olandezului Jan Ingenhousz (1730—1779) îi revine meritul de a fi descoperit asimilaţia clorofiliană. În lucrarea sa *Experiments upon Vegetables* (1779), el a arătat că, de fapt, plantele verzi degajau oxigen în timpul zilei, la lumină, şi bioxid de carbon în timpul nopţii, la întuneric; el a mai constatat că aceste două fenomene diferite depindeau numai de luminozitate. Mai mult chiar, sprijinindu-se pe cercetările lui Lavoisier, el a putut să arate că plantele îşi procurau totalitatea carbonului necesar din bioxidul de carbon din atmosferă (1798). Aceste rezultate au fost discutate de J. Sénebier care, în lucrarea sa *Mémoires physico-chimiques sur l'influence de la lumière solaire* (1782), şi în alte lucrări ulterioare (1783—1784) a arătat că bioxidul de carbon nu era extras numai din atmosferă, ci şi din apă, în stare dizolvată, şi că astfel, absorbit prin rădăcini, el ajungea pînă la frunze, unde era descompus sub acţiunea soarelui. O parte era liberată atunci în atmosferă şi o alta, fixată, servea la elaborarea de substanţe hidrocarbonate care puteau fi observate la plante. Aceste concepţii, dezvoltate în lucrarea sa *Physiologie végétale* (1800), au fost completate de către Théodore de Saussure, aşa cum se va vedea în volumul următor.

În mod logic, aceste rezultate aveau să întregească marile progrese ale cunoştinţelor noastre asupra nutriţiei plantelor. Totuşi Bazin continua să compare coletul plantelor (demarcaţia dintre tulpina şi rădăcina unei plante — *N.T.*) cu stomacul animalelor, iar N. Sarrabat continua să creadă că fibrele lemnoase, care se reuneau în acest punct, „agitau sucul pe care îl conţineau, schimbîndu-şi forma, destul de asemănătoare cu aceea pe care o capătă hrana în stomac!". De altfel, chimia vegetală nu era decît la începuturile ei. Trebuie să amintim totuşi lucrarea *De chimia vegetabilium* (1786) a lui C. Riche şi, mai cu seamă, *Lettres philosophiques sur la formation des sels et des cristaux* (1729) de L. Bourguet, ca şi lucrările lui Wallerius, fondatorul chimiei agricole.

MIŞCĂRILE PLANTELOR. Fiziologii studiau, de asemenea, mişcările plantelor şi, mai cu seamă, pe acele ale frunzelor şi florilor. Linné a plantat la Uppsala un "orologiu al florei", compus din flori care se deschideau şi se închideau la diferite ore din zi, consacrîndu-i totodată două lucrări: *Somnus plantarum* şi *Calendrium florae*. Senebier a arătat că o luminozitate artificială ar putea interverti perioadele de veghe şi de somn ale frunzelor de leguminoase; Duhamel du Monceau a studiat mişcările frunzelor plantei *Sensitiva*, iar J.F. Gmelin pe acelea ale *Hedysarum*-ului; dal Covolo a studiat staminele berberidaceelor, Adanson, mişcările algelor etc.

De altfel, P. Willemet cercetează comportarea plantelor etiolate, J. Astruc, redresarea plantelor înclinate, Starcken, plantele agăţătoare, Buffon şi Duhamel du Monceau, forţa de rupere şi de îmbinare a lemnului, în timp ce Corti publica o lucrare remarcabilă asupra mişcării citoplasmei în interiorul celulelor de *Chara*, descoperind astfel ciclosa. Abatele Bertholon a fost primul care a studiat acţiunea electricităţii asupra plantelor (1783).

LUCRĂRI GENERALE. Numeroase tratate de botanică au fost publicate în secolul al XVIII-lea. Să amitim mai întîi *Essais élémentaires sur la botanique* (1771) şi *Lettres sur la botanique* (1793—1795) de J.J. Rousseau, care au stîrnit un curent reînnoitor de opinii pledînd pentru „ştiinţa plăcută". Lucrarea *Démonstration élémentaires de botanique* a lui Claret de la Tourrette a fost transformată, de Gilibert şi Rozier,într-o adevărată enciclopedie ilustrată cu numeroase planşe (în 1788). În afară de *Elementa botanica* de Necker, de *Dictionnaire élémentaire de botanique* de Bulliard, de *Vues physiologiques sur l'organisation végétale et animale* de La Métherie şi de *Bibliotheca botanica* de Séguier, semnalăm lucrările *Dictionnaire* şi *Cours de botanique* ale călugărului benedictin N. Jolyclerc. Printre numeroasele tratate apărute în Germania să menţionăm admirabilele picturi de plante şi de insecte ale lui M. Mérian din lucrarea sa *Nouveau livre de Flore*. În Anglia, Bryant, Pulteney şi Hill au publicat *The Vegetable System* în 13 volume ilustrate cu mai mult de 1 000 de planşe. În Elveţia, J. Roemer a pus bazele revistei „Magasin für die Botanik" (între anii 1787 şi 1791), căreia i-a urmat, din anul 1794, revista „Neues Magasin".

C. BOTANICA APLICATĂ

AGRONOMIA. Cu toate că istoria agronomiei este în afara limitelor subiectului nostru, sîntem datori să semnalăm numeroasele şi importantele lucrări ale lui Louis Duhamel du Monceau (1700—1782), dintre care reţinem *Physique des arbres* (1758), un adevărat tratat de anatomie şi de fiziologie vegetală, şi lucrarea lui A. Thouin (1747—1824), care a fost, în mod succesiv, grădinar şef la Jardin du Roi şi profesor de cultură a plantelor la Muzeu. Mai trebuie să amintim, în sfîrşit, că Parmentier a fost acela care a introdus în Franţa cultura cartofului, nu însă mai înainte ca Ludovic al XVI-lea să apară la Curte cu floarea acestei plante la butonieră.

BOTANICA MEDICALĂ. Cercetările asupra folosirii plantelor în medicină au fost frînate şi de slabele rezultate obţinute de chimie în această perioadă. În Franţa, lucrarea *Cours de matière médicale* de A. de Jussieu nu a fost publicată decît în anul 1722, iar cursul lui Chomel nu a apărut decît după moartea acestuia, în anul 1761. Trebuie să mai menţionăm lucrarea *Botaniste français* (1767) de J. Barbeu du Bourg, cursurile lui E.-F. Geoffroy, completate de B. de Jussieu, tratatul lui A. Gouan şi cel al lui Gilibert, precum şi colecţia de plante uzuale a lui Gautier d'Agoty. În Germania au fost publicate numeroase lucrări de chimie medicală, dintre care menţionăm pe acelea ale lui F. Cartheuser, care s-a străduit să clasifice, în şase categorii, „principiile care puteau fi extrase din plante", şi lucrarea lui Plenk şi Zorn, *Icones plantarum medicinalium*. La fel s-au petrecut lucrurile în Anglia, în Olanda, în

Italia şi, în sfîrşit, în Suedia unde Linné şi-a publicat, în anul 1749, lucrarea sa intitulată *De materia medica e regno vegetabili*[2].

GRĂDINI BOTANICE. „Grădinile de plante" au continuat să joace un rol foarte important. Ele au înlesnit ilustrarea a numeroase lucrări foarte folositoare dezvoltării horticulturii, dintre care menţionăm *Description des plantes nouvelles et peu connues cultivées dans le jardin* de *J.M. Cels*, de P. Ventenat şi *Jardin de la Malmaison*, o splendidă lucrare, elaborată în anul 1803, la sugestia împărătesei Josefina. În afară de catalogul unei grădini particulare, publicat de către P. Hérissant (în 1771) şi de *Catalogue du jardin des Apothicaires*, au mai apărut multe liste de plante cultivate în „Grădinile" din provincie. Numeroase plante exotice au fost aclimatizate în grădinile marinei din Toulon şi Brest. Pepiniera din Roule, înfiinţată în anul 1669, conţinea mai mult de 50 000 de plante recoltate de botaniştii călători, făcînd posibilă astfel popularizarea unui mare număr de plante exotice.

În Anglia, în 1759, a fost înfiinţată celebra grădină din Kew, unde W. Aiton a reuşit să cultive plante care, pînă atunci, nu putuseră fi adaptate la noile condiţii din Europa; cu ajutorul lui Solander şi al lui Dryander, el a făcut să apară, în anul 1789, un catalog mai complet decît cel pe care îl realizase Sir John Hill mai înainte. P. Miller a publicat un catalog al grădinii farmaciştilor din Chelsea şi un dicţionar al botaniştilor, foarte frumos ilustrat.

În Germania, în afara catalogului gădinilor botanice de la Altdorff, din Frankfurt, din Göttingen etc., menţionăm lucrările lui S. Kerner, minunat colorate de mînă. Talentul lui D. Ehret, remarcabil desenator de plante cultivate, a fost folosit de către Linné, pentru ilustraţiile din lucrarea sa *Hortus Cliffortianus*, de B. de Jussieu, pentru reprezentarea plantelor din Jardin du Roi şi de către Trew şi Vogel, pentru lucrarea lor *Plantae selectae* (1750—1760) etc.

În Austria, J. Jacquin a publicat mai multe lucrări, minunat ilustrate, despre grădinile din Viena. În Olanda, H. Boerhaave a contribuit la răspîndirea gustului pentru publicaţii frumoase, bogat ilustrate. În Suedia, Linné a publicat catalogul grădinii botanice din Uppsala, în timp ce în Italia continuau să apară numeroase cataloage de grădini, ca ale celor din Pisa, Florenţa, Padova, Bologna etc.

Prima grădină botanică americană a fost creată în anul 1784 de către M.G. Jean de Crèvecoeur, consulul Franţei la New York. În 1786, A. Michaux a înfiinţat alte două grădini botanice: una, în apropierea de New York, cealaltă, în Carolina de Sud. O parte a grăunţelor recoltate erau trimise la Paris şi împărţite între Jardin du Roi şi diverse pepiniere din împrejurimi.

[2] Un medic şi naturalist portughez, Christophoro Acosta (Mozambic 1515? — Burgos 1580), s-a remarcat printr-o lucrare interesînd medicina: *Tratado de las drogas y medicinas de las Indias orientales con sus plantas* (Burgos, 1578). *C. M.*

D. FLORA EXOTICĂ

EXPLORĂRILE BOTANICE. Studiul florei exotice a făcut un mare progres în secolul al XVIII-lea, mai cu seamă în Franța, unde, marinari și călugări, susținuți de medicul lui Ludovic al XV-lea, I. G. Le Monnier, obțineau credite importante, care le permiteau să exploreze țările îndepărtate.

America de Nord a primit vizita lui M. Sarrazin, care a debarcat în anul 1685 în Canada, unde a rămas 45 de ani — descoperind *Sarracenia*, pe care i-a dedicat-o Tournefort —, apoi a lui P. Charlevoix care a publicat, în anul 1744, lucrarea *Description des plantes principales de l'Amérique équinoxiale*. Dar cei care au făcut, într-adevăr, cunoscută flora Americii de Nord au fost cei doi Michaux. André Michaux (1746—1803) a stat în America din anul 1785 pînă în 1796, explorînd Carolina, Florida, Pennsylvania, Maryland și Canada. El a publicat lucrările *Histoire des Chênes* (1801) și apoi *Flora boreali-americana*, ilustrată de Redouté, care a descris 1 700 de plante, dintre care 40 de genuri noi. Fiul său, François André, care îl însoțise din 1785 pînă în 1790, s-a reîntors în America în anul 1801, apoi între anii 1806 și 1809, el a publicat o relatare de călătorie și mai multe lucrări despre arborii din America.

Exploratorul englez Mark Catesby, care a vizitat din 1712 pînă în 1719 Carolina, Virginia, Florida și insulele Bahama, publică un studiu asupra istoriei naturale a Carolinei. Fratele botanistului Sherard a publicat, în anul 1767, lucrarea sa *Hortus britanno-americanus*, care cuprindea descrierea a 85 de arbori din America ce puteau fi cultivați în Anglia. J. Clayton a recoltat în Virginia o importantă colecție de plante, care au fost descrise de F. Gronovius (1743). P. Browne a rectificat caracterele mai multor genuri ale lui P. Plumier și a stabilit altele noi. La sfîrșitul secolului al XVIII-lea au mai apărut și alte lucrări consacrate botanicii nord-americane, între care se relevă cele ale lui W. Howston, Th. Walter, S. Barton și Medicus.

Flora Americii de Sud a fost studiată de P. Feuillée (1660—1732) care a explorat flora Antilelor și aceea de pe coasta venezueleană de lîngă Caracas, între anii 1703 și 1706; apoi, împreună cu inginerul Frézier, pe cea din Chile și din Peru. Studiul său despre plantele medicinale din Chile și din Peru menționează mai multe plante noi, cum ar fi *Fuchsia*; în ceea ce-l privește pe Frézier, acesta a publicat, în anul 1716, cartea sa *Voyage dans les mers du Sud*.

Provinciile spaniole din America de Sud au fost explorate din nou, cu prețul a mii de greutăți, de către J. Dombey (1742—1794) care, fiind însărcinat de Turgot cu o misiune științifică, a fost nevoit să înfrunte ostilitatea autorităților spaniole, care i-au confiscat o parte din plantele recoltate. A fost încarcerat la Montserrat, unde a murit în anul 1794. Ierbarul său, care conținea 1 500 de plante (dintre care mai mult de 60 erau genuri noi) a ajuns totuși la Muzeul din Paris. Botaniștii spanioli Ruiz și Pavón, cu care el întreprinsese prima sa călătorie, au publicat o floră din Peru și din Chile în patru volume (1798—1802), în care au folosit o nomenclatură diferită. Flora Americii de Sud a fost studiată, de asemenea, de Joseph de Jussieu care, plecînd în Peru, în 1735, cu expediția lui de La Condamine, a stat aici timp de 35 de ani.

Remarcabilul muzeu exotic realizat de farmacistul englez Petiver a fost cumpărat de Sloane şi depus la British Museum. În afară de catalogul acestei colecţii (10 fascicule, 1692—1703), Petiver a publicat un *Gazophylacium*, în care erau descrise ferigile din America, şi o floră din Peru. Către sfîrşitul secolului al XVIII-lea, suedezul O. Swartz, norvegianul A. Vahl şi spaniolul J. C.Mutis au publicat, de asemenea, diferite lucrări despre vegetaţia americană.

Flora Antilelor a fost explorată de către marele botanist englez Hans Sloane (1660—1753) care a recoltat 800 de plante, pe care le-a făcut cunoscute în două volume (Londra, 1707—1725). Sloane, care i-a urmat lui Newton ca preşedinte la Royal Society, a publicat, de asemenea, studii despre arborii de mirodenii. El a lăsat moştenire bogatul său cabinet de istorie naturală spiţerilor din Chelsea.

Preotul J.-B. Labat, care a stat, timp de 7 ani, în Martinica şi apoi în Santo Domingo, a publicat în anul 1722 o relatare de călătorie în şase volume. Englezul G. Hughes a studiat plantele din Barbados (în 1750), iar olandezul J. Jacquin pe cele din Antile (1760); acesta din urmă a introdus, în serele de la Schoenbrunn, numeroase plante şi animale din America. Flora Guyanei a fost studiată de P. Barrère, botanistul regelui, care a fost acolo în anul 1722, de către de Préfontaine (1763) şi de P. Fusée-Aublet, care a semnalat 800 de plante, dintre care jumătate erau noi. Guyana a fost vizitată, de asemenea, de către comisarul de marină Ch. Sonnini de Manoncourt (1751—1812), al cărui jurnal a fost folosit de Buffon. Datorită sprijinului primit de la acesta din urmă, el a vizitat, după aceea, Mediterana orientală[3]. În afara relatărilor sale de călătorie, el a lăsat studii asupra arahidelor şi asclepiadaceelor. Antilele, Guyana şi Brazilia au fost vizitate, de asemenea, de Claude Richard, care se întoarce în Franţa cu un ierbar de 3 000 de plante.

Flora Africii începe să fie cunoscută datorită lucrărilor mai multor botanişti francezi. Michel Adanson a plecat, la 22 de ani, spre Senegal, ca salariat al Companiei Indiilor, rămînînd acolo din anul 1749 pînă în 1754. El a adunat materialele pentru celebra sa *Histoire naturelle du Sénégal* (1757), studiind îndeosebi boabab şi arborele de cauciuc.

Lyonezul Pierre Poivre a reuşit să transporte din insulele Moluce, pentru a le aclimatiza în insulele Franţei (azi Mauritius) şi Bourbon (azi Réunion) plante producătoare de mirodenii, al căror export era interzis de către olandezi. El a vizitat, de asemenea, Madagascarul şi Filipinele, înfiinţînd, pretutindeni unde se stabilea, grădini minunate.

În timp ce A. Lippi (1704) şi Sonnini de Manoncourt (1799) descriau planele Egiptului, în 1786 misiunea lui J. Houtou de la Billardière făcea posibilă publicarea unui studiu asupra plantelor din Siria. Cele 600 de plante, dintre care 200 noi (pentru ştiinţă), adunate din Numidia[4], Siria şi Egipt de către englezul T. Shaw, au fost încredinţate lui Sherard; o dare de seamă despre această călătorie a fost publicată în anul 1738 cu ajutorul lui Dillenius. Flora

[3] Cuprinzînd şi mările dependente (Ionică, Adriatică şi Egee). — *N.R.*

[4] Veche regiune din nord-vestul Africii, situată între Cartagina şi Mauritania, devenită provincie romană şi cucerită de vandali în anul 429. — *N.R.*

Turciei a fost studiată bine din anul 1728 pînă în 1740 de către Buxbaum, iar cea a Greciei de către J. Sibthorp, profesor la Oxford. Importantul ierbar de plante colectate din Egipt şi din Orientul Apropiat de către profesorul suedez P. Forsskål a fost publicat în anul 1775; recoltările de plante făcute în Palestina de F. Hasselquist (1722—1752) au fost publicate de Linné. Flora Barbariei (din Tunis, Algeria şi munţii Atlas) a fost studiată de E. Hebenstreit (1731), precum şi de către J. Burman (1738), dar mai cu seamă de către R.L. Desfontaines, care a adunat, între anii 1783 şi 1785, materialele lucrării sale *Flora atlantica*, în care sînt descrise 1 520 de specii, dintre care 300 nou semnalate. Să mai menţionăm *Floria orientalis* de Rauwolff, publicată în 1755 de către Gronovius, şi datele preţioase cuprinse în relatarea călătoriei în Orient a italianului J. Mariti (9 vol. 1769—1776), ca şi aceea a francezului La Roque (1716) care a făcut o descriere a arborelui de cafea. Datorăm, de asemenea, interesante relatări de călătorie francezului P. Sonnerat care, împreună cu Poivre, a vizitat în anul 1768 insulele Franţei, Bourbon, Madagascar, insulele Seychelles, unde a observat *Erythroxylon Coca*, Manilla şi apoi Filipinele şi Indiile de Vest. Flora Capului Bunei Speranţe a fost studiată de suedezii J. Bergius (1767) şi P. Thunberg (1772—1775) şi de către englezul F. Mason (1772). Suedezul A. Sparrman pleacă în China, în anul 1765, şi se alătură apoi expediţiei căpitanului Cook — unde îi întîlneşte pe Forster şi Thunberg — după care efectuează o expediţie în Africa de Sud, a cărei relatare o face în anul 1787.

Flora Indiilor Orientale a fost studiată de către germanul M.-B. Valentini, de olandezul F. Valentyn şi de englezul C. Milne. J. Burman studiază florele din insulele Ceylon şi Amboina, de pe coasta Malabar şi din America după ierbarele recoltate de către diferiţi călători. Flora Indiei, alcătuită de fiul său, N. Burman (1766), a fost completată de către Johann G. König, care a explorat şi Hindustanul. Suedezul O. Toren, care a vizitat insulele Comore, peninsula Malacca şi oraşul Canton, i-a transmis lui Linné observaţiile sale, care au fost publicate în anul 1757; danezul Rottbøll studiază flora din Suriman. Iezuitul portughez P. de Lureiro cercetează plantele din Cambodgea, de pe coasta din Malabar şi din Mozambic şi publică o excelentă floră a Cochinchinei (peninsula Indochina) (în 1790). Flora insulei Djawa (Java) a fost explorată de Radermacher, iar cea din China, de către iezuitul francez N. Chéron, zis d'Incarville (1706—1757), care îi trimite lui B. de Jussieu un ierbar conţinînd 300 de plante, dar care, din păcate, n-a fost studiat decît în anul 1881. Cu toate că cele mai multe descoperiri ale sale au rămas multă vreme necunoscute, lui i se datoreşte descrierea plantelor: *Ailanthus glandulosa* (cenuşer), *cedrela*, *Incarvillea* (plantă originară din China) etc.; lui i se atribuie, pe nedrept, şi descrierea crizantemei, deşi ea mai fusese descrisă de Dillenius în anul 1732. Flora Japoniei a fost studiată de către Thunberg şi P. Charlevoix, iar cea a *Noii Olande*[5] de către Fenyl şi Schott.

[5] Vechea denumire a Australiei în urma explorării ei de olandezi, începînd din anul 1605 pînă cînd, în 1770, este ocupată de englezi. — *N.R.*

MARILE EXPEDIȚII. În cea de-a doua jumătate a secolului al XVIII-lea au fost întreprinse mai multe expediții însemnate, ale căror rezultate au fost importante pentru botanică.

În Franța, marina militară a organizat o expediție spre ținuturile antarctice, sub comanda lui Bougainville. Cu acest prilej, P. Commerson a elaborat niște instrucțiuni pentru colectorii de plante, care au servit multă vreme ca model. Plecat, în anul 1767, la bordul fregatei „*l'Étoile*", se oprește în Brazilia, Țara de Foc, trece prin strîmtoarea Magellan, vizitează Tahiti, Noua Guinee, Australia, Batavia (azi Djakarta), adunînd, în trecere, numeroase plante. El alcătuiește, în cele din urmă, un important ierbar cuprinzînd flora din insulele Franței și Madagascar, precum și din insula Bourbon, unde moare în anul 1773; recoltele și desenele sale reprezentînd specii noi au fost folosite de către A.L. de Jussieu și Lamarck. Expediția organizată sub comanda lui d'Entrecasteaux, în căutarea lui La Pérouse, a luat cu sine mai mulți naturaliști, printre care Ventenat și La Billardière. Această expediție a poposit în insulele Canare, în provincia Cape, Marea Indiilor (azi Oceanul Indian), Australia, Tasmania, Noua Caledonia, insulele Moluce etc. La Billardière publică, în anul 1798, relatarea călătoriei sale, apoi diferite alte studii, foarte importante, despre plantele pe care le-a adunat.

În Anglia, vestitele călătorii ale căpitanului James Cook (1728—1779), organizate de Amiralitate, au făcut obiectul unei celebre relatări. Printre botaniștii care se găseau la bord, trebuie să menționăm, în primul rînd, pe Joseph Banks (1743—1820) care, punînd la dispoziție întreaga sa avere studiului plantelor exotice, vizitase, încă din anul 1763, Labradorul și Terra Nova. El reușește să participe, împreună cu D. Solander, la expediția căpitanului Cook, care, plecînd în anul 1768, vizitează insulele Canare, insulele Capului Verde, Brazilia, Țara de Foc, Noua Olandă, arhipelagurile Oceanului Pacific, Noua Guinee, și revine mergînd de-a lungul țărmurilor Africii, dublînd Capul Bunei Speranțe. Apoi, Banks echipează un vas cu care vizitează coastele Scoției și Islandei. La întoarcerea sa la Londra, cînd este făcut președinte al lui Royal Society, el își pune colecțiile la dispoziția mai multor botaniști.

Germanul Johann R. Forster și fiul său Georg au luat parte la a doua călătorie a căpitanului Cook, la bordul vasului „Resolution". Expediția înconjură Capul Bunei Speranțe, atingînd țărmurile Noii Zeelande, Insulele Societății și Prieteniei (azi Tonga), mările Sudului, descoperă Noua Caledonia și revine în Anglia în anul 1775. În timp ce J.R. Forster descrie 75 de genuri noi de plante, fiul său completează unele dintre aceste descrieri, publică studii despre arborele de pîine din Insulele Prieteniei și despre plantele medicinale din insulele australe, ca și o relatare a călătoriei sale (în 1777). Jurnalul acestei a doua expediții a fost scris de J.C. Lettsom, căruia i se datorește și un studiu asupra arborelui de ceai.

Mulțumită acestor numeroase călătorii și diferitelor misiuni și expediții, cunoașterea florelor exotice face progrese mari în cursul secolului al XVIII-lea, contribuind, așa cum am mai menționat, la dezvoltarea taxonomiei și la fundamentarea bazelor generale ale biologiei.

CAPITOLUL VI
Ştiinţele despre Pămînt

În secolul al XVIII-lea, secolul emancipării, naturaliştii care studiau Pămîntul nu trebuiau să ignore învăţăturile Sfintei Scripturi şi ale potopului universal, sub ameninţarea de a fi violent atacaţi de biserică. Unii dintre ei nu considerau ştiinţele despre Terra, care tocmai luau naştere, decît ca mijloc de a dovedi ca adevăruri afirmaţiile Scripturii, mulţi căutau să-şi dovedească ortodoxia în unele pasaje din publicaţiile lor, iar alţii continuau să rămînă consecvenţi ideilor lor. Publicarea *Enciclopediei* şi revoluţia franceză din anul 1789 au adus, în sfîrşit, emanciparea.

Ştiinţele despre Pămînt sînt studiate în toată Europa şi din toate ţările sosesc observaţii şi lucrări paralele, care, toate la un loc, vor constitui un ansamblu doctrinar gata de a fi pus în practică în secolul al XIX-lea.

Trebuie menţionat, mai cu seamă, Buffon, care a introdus ştiinţele despre Pămînt (şi toate ştiinţele naturale) în literatura destinată unui mare public cult şi nu numai cîtorva specialişti.

Trecînd în revistă diferitele şcoli, vom vedea importantele progrese realizate: un număr mare de observaţii, două mari teorii care se vor combate, neptunismul lui Werner şi plutonismul lui Hutton, primele aprecieri sumare asupra tectonicii (în Anglia, în Belgia şi în Elveţia), date confirmate de paleontologia stratigrafică, o paleontologie mai bună prin inventarea unei sistematizări, idei îndrăzneţe asupra evoluţiei speciilor, avîntul brusc al mineralogiei (Haüy), noţiuni de paleogeografie.

La sfîrşitul secolului al XVIII-lea nu se rezolvase încă nimic, dar cinci date ale problemei intraseră deja în sfera preocupărilor: rolul fosilelor în cronologia relativă, subdiviziunile stratigrafice, rolul orogenezei în formarea faliilor, cronologia cifrată şi originea granitului.

A. GEOLOGIA

ŞCOALA ITALIANĂ. În anul 1711, Galeazzi, studiind fosilele găsite la Monte San Luca, în apropiere de Bologna, şi-a dat seama că aceste cochilii nu se asemănau cu cele de pe coasta Mediteranei şi că probabil ele veneau din Ocea-

nul Indian, arătînd totodată importanța unei comparații între faunele străvechi și cele actuale.

Zece ani mai tîrziu, Vallisnieri cercetează întreaga geologie a Italiei și elaborează o schiță generală a sedimentelor marine din regiunea Friuli și din Vicenza, Verona și Bologna, în regiunea Toscana și în Munții Apenini. El ajunge la concluzia că aceste locuri au fost acoperite vreme îndelungată de apele mării dar, bineînțeles, nu ca urmare a potopului biblic. În sfîrșit, el descrie Muntele Bolca, renumit pentru pești săi fosili.

În anul 1740, Anton-Lazzaro Moro își publică lucrarea *De'crostacei et degli altri marini corpi che si truovano su'monti*. Autorului i-a atras atenția în mod deosebit apariția unei insule cu un diametru de 500 m și înaltă de 8 m în golful Santorin în anul 1707, ca urmare a activităților vulcanice și a cutremurelor de pămînt. Plecînd de la această observație, și generalizînd-o, Moro atribuie întreg procesul de sedimentare și toate transformările violente ale scoarței terestre activității vulcanilor și cutremurelor de pămînt. În timp ce apele mării devin din ce în ce mai sărate datorită emanațiilor vulcanice, cenușa vulcanilor s-ar depune pe fundul mării, fiind adusă la suprafață mai tîrziu prin cutremure de pămînt.

Teoria s-a bucurat de un mare succes, mai cu seamă atunci cînd călugărul Carme Generelli a expus-o și comentat-o la Academia din Cremona, în anul 1749 (anul primei ediții a lucrării lui Buffon). Este interesant de constatat că, începînd din această epocă, naturaliștii încercau să explice fenomenele vechi prin fenomenele actuale. Pe de altă parte, G. Arduino împărțea terenurile din Vicenza și din Verona în: primitive (șisturi micacee), secundare (calcare fosilifere), terțiare (puțin ridicate, netede, cu fosile din Monte Bolca) și vulcanice. În anul 1759 el a adus completări strălucite lucrărilor lui Sténon despre Toscana.

Și micile fosile au atras atenția naturaliștilor italieni. Astfel, Beccari descrie în anul 1729 un foraminifer, pe care Linné îl va denumi *Nautilus Beccarii* (și care este un *Rotalia*). Zece ani mai tîrziu, G. Bianchi (=J. Plancus) anunță că a găsit pe plaja din Rimini un amonit fosil. Mai tîrziu, Soldani descrie un mare număr de astfel de cochilii mici, vii sau fosile, arătînd chiar importanța lor. Secolul se încheie cu apariția lucrării *Ichtyologie véronaise* de Serafino Volta, în care sînt descrise 123 de specii de pești fosili din Lastrara, găsite în apropiere de Monte Bolca. Din aceste specii, autorul consideră că 12 sînt necunoscute în faunele ce trăiesc astăzi.

În mijlocul secolului al XVIII-lea apar *Călătoriile în Toscana* ale lui Targioni (1751—1752), în care descrie geologia acestei regiuni care fusese cercetată, dar nu și descrisă, de Sténon, cu șaizeci de ani mai înainte. Combătînd părerea, emisă de Buffon, că văile se datoresc acțiunii curenților marini, Targioni le atribuie acțiunii rîurilor, care au rupt barierele lacurilor după retragerea generală a oceanelor.

ȘCOALA ELVEȚIANĂ. Născut la Zürich, Johann Jacob Scheuchzer (1672—1733) a publicat fără încetare, în decurs de cincizeci de ani, observațiile sale asupra unei țări căreia îi cunoștea fiecare colțișor. În lucrarea sa *Piscium querelae et vindiciae* din 1708, el vorbește despre pești fosili care ar fi avut

FIG. 38. AMPRENTE ALE UNOR VEGETALE FOSILE (J. J. SCHEUCHZER, *HERBARIUM DILUVIANUM*, 1709).

de suferit de pe urma potopului şi apoi de pe urma ignoranţei şi nedreptăţii oamenilor care nu vor să-i recunoască drept strămoşii peştilor actuali, coborîndu-i la nivelul pietrelor brute. Lucrarea este ilustrată cu frumoase planşe în care sînt reprezentaţi peşti fosili din Germania şi din Italia.

În anul următor apare *Herbarium diluvianum*, o culegere de plante fosile (cf. fig. 38) în care figurează urme de plante din Anglia, Elveţia şi Italia, precum şi alte fosile, printre care fragmente de amoniţi cu septela lor despărţitoare „care se aseamănă — zice autorul — cu urme de frunze, dar sînt, în realitate, linii de sutură, sau de separaţie între diferitele cavităţi" (cf. fig. 39). Scheuchzer notează că apariţia coniferelor în stratele de cărbune pare să dovedească că potopul a avut loc în luna mai...

În 1716, Scheuchzer publică catalogul colecţiei sale care cuprinde — de la plante pînă la mamifere — 1 500 de piese, dintre care 528 din Elveţia. Cei 149 de amoniţi descrişi sînt clasificaţi în două categorii, după cum sînt spinoşi sau nu. Fiecare categorie se subîmparte, la rîndul ei, în forme netede sau striate, apoi în comprimate sau nu, cu striuri simple, bifurcate sau trifurcate. Aceasta este prima încercare serioasă de clasificare a „coarnelor lui Ammon"[1].

Johann Gesner, care a continuat opera lui Scheuchzer, observă că resturile fosile ale echinodermelor se sfărîmă întotdeauna punînd în evidenţă suprafeţele unui cristal de carbonat de calciu. Francezului Louis Bourguet, care a trăit la Neuchâtel, i se datoreşte lucrarea *Traité des pétrifications* (1742).

[1] Denumirea populară a amoniţilor. — *N.R.*

În cea de-a doua jumătate a secolului al XVIII-lea, orașul Zürich își împarte privilegiul de centru geologic cu Geneva, care devine celebră prin J-A. de Luc și Bénédict de Saussure. Jean-André de Luc (1727—1817) publică în anul 1778 *Lettres physiques et morales sur les montagnes et sur l'histoire de la terre et de l'homme*, adresate reginei Angliei. Acest titlu ciudat anunță ce amalgam se poate găsi în text. De Luc menționează cuvîntul *Geologie*, utilizat de multă vreme în Anglia, dar spune că nu se poate servi de el pentru că, în realitate, nu se prea folosește. J. de Luc nu se ocupă decît de munți, făcînd deosebirea dintre munții *vulcanici* vechi, munții *acvatici* secundari și munții *primordiali* sau *inexplicabili*... În 1798, în scrisorile adresate lui Blumenbach, de Luc își perfecționează sistemul. El consideră continentele ca o crustă de sedimente marine, încrețită și dis ocată de o mare revoluție, apoi uscată printr-o retragere generală a oceanelor. Scopul său, de altfel, și el o scrie, este de a dovedi exactitatea revelației din religia mozaică. În lucrarea sa *Journal de physique*, el compară numuliții cu osul sepiilor, dar face remarca judicioasă că numuliții din Bayonne, din Italia și din India sînt identici, în ciuda distanței mari și a diferenței de latitudine.

Genevezul Horace-Benedict de Saussure (1740—1799) este una dintre marile figuri ale geologiei din acea epocă. Studiind timp de treizeci de ani Alpii, el își publică observațiile sale în cele patru volume ale lucrării *Voyages dans les Alpes* (între anii 1786 și 1796). În afara unor observații valoroase și amănunțite, el a izbutit să ajungă la concluzii pozitive plecînd de la observațiile clasice asupra încrețirii stratelor, care fuseseră formulate mai înainte de către J.T. Needham și Jean de Limbourg. În 1772 și 1784, el observă conglomeratele ridicate din Valorcine, marele unghi anticlinal din stratele jurasice ale cascadei din Nant d'Arpennaz, în valea Arvei. Amploarea acestui fenomen l-a făcut să tragă concluzia că sedimentele s-au depus orizontal, fiind probabil încrețite înaintea consolidării lor, printr-o cauză încă neînțeleasă. Aceasta este una dintre primele lecții de tectonică, prima mențiune despre o ondulație înclinată.

Mai mult, lui H-B. de Saussure i se datorește prima mențiune despre *compresiune*, ceea ce noi numim astăzi *mișcări tangențiale*.

El scrie în anul 1796, în lucrarea sa *Voyage dans les Alpes:* „Acest fapt ne dă un reușit exemplu de compresiune pe care eu o consider ca o cauză generală a ridicării păturilor, orizontale la origine."

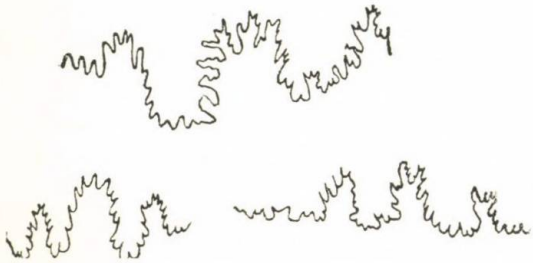


FIG. 39. LINIILE DE SUTURĂ ALE AMONIȚILOR, DUPĂ J. J. SCHEUCHZER *(HERBARIUM DILUVIANUM)*.

În primul volum al lucrării *Voyages dans les Alpes*, de Saussure îşi anunţă intenţia de a prezenta, cu un oarecare prilej, vederile sale de ansamblu asupra fenomenelor geologice şi cauzele lor. Dar, la sfîrşitul volumului IV al acestei lucrări, descurajat de varietatea faptelor observate, el declară că renunţă la acest proiect:

„În tinereţea mea, scrie el, pe cînd încă nu străbătusem Alpii decît printr-un mic număr de trecători, am crezut că am descoperit stări de lucruri şi aspecte generale: Dar de cînd am aflat mai multe date, cu prilejul călătoriilor repetate în diferite ţări ale lanţului muntos, mi-am dat seama că în Alpi nimic nu este constant în afară de varietatea lor."

ŞCOALA GERMANĂ. Johann Gottlob Lehmann (?—1767) adoptă deosebirea făcută de Sténon între rocile aşa-zise *primitive*, fără fosile, constituind o crustă originală şi rocile aşa-zise *secundare*, sedimentare, care conţin fosile. Făcînd observaţii în munţii Harz şi Erzgebirge, el deosebeşte opt formaţiuni succesive: primar cu filoane, gresii vechi roşii, depuneri de huilă, gresie roşie secundară, calcar albastru, şisturi cuprifere, calcar cu şist şi piatră de mină, ceea ce era foarte mult pentru acea epocă (1756).

Cele două studii ale lui J.C. Füchsel: *Historia terrae et maris...* (1762) şi *Entwürfe der ältesten Erd und Völkergeschichte* (Schiţe ale unei istorii vechi despre Pămînt şi despre om) (1773) marchează un progres faţă de Lehmann, făcînd distincţia dintre „*Muschelkalk*" şi „gresia pestriţă" în comparaţie cu „*Zechstein*" subiacent, din munţii Harz şi Thüringen. Mai mult decît atît, Füchsel recunoscuse cîteva fosile caracteristice, adăugînd lucrării sale o hartă — un strămoş al hărţilor geologice germane.

Născut în Germania, Peter Simon Pallas a fost unul dintre fondatorii geologiei ruse. Chemat de împărăteasa Ecaterina a II-a, în anul 1768, să participe la o expediţie care trebuia să observe trecerea planetei Venus prin faţa discului solar, Pallas călătoreşte prin Rusia timp de şase ani, vizitînd regiunea fluviului Volga, ţărmurile Mării Caspice, regiunea fluviului Ural şi Siberia. El a adus o sumedenie de observaţii privind toate ramurile ştiinţelor naturale. Lui i se datoreşte descoperirea rinocerilor şi mamuţilor conservaţi în gheţurile Siberiei, precum şi descoperirea marelui meteorit din bazinul fluviului Ienisei.

Într-un memoriu citit la Academia de Ştiinţe din Petersburg, în anul 1777, el îşi expune părerile asupra constituţiei lanţurilor muntoase pe care le-a studiat (Caucaz, Urali, Altai), indicînd o succesiune constantă de roci granitice în centrul lanţului, roci şistoase pe flancuri şi calcare în exterior. Această stratigrafie poate să pară elementară, dar trebuie să remarcăm că publicaţia lui Pallas este anterioară celor ale lui H. B. de Saussure şi Werner.

WERNER ŞI NEPTUNISMUL. Abraham Gottlob Werner (1750—1817), născut în Prusia, se interesează din fragedă tinereţe de ştiinţele asupra Pămîntului, deoarece, încă din anul 1774, el publică un tratat intitulat *Despre caracterele exterioare ale mineralelor*. Numit în 1775 profesor la Academia de mine din Freiberg, el studiază cu atenţie filoanele şi terenurile din Saxa şi creează o

ştiinţă nouă, *geognozia*, pe care a vrut să o întemeieze numai pe bază de observaţie, pe baza cunoaşterii pozitive.

După doisprezece ani el îşi publică: *Clasificarea şi descrierea terenurilor*, iar în 1791, rezumă în lucrarea sa *Noua teorie a formării filoanelor* numeroasele observaţii pe care le făcuse. Werner, care a adoptat ideile lui Sténon, ale lui Lehmann şi Füchsel, a avut asupra acestuia din urmă marele avantaj al unui auditoriu. Spirit precis şi metodic, cursurile sale îi entuziasmau pe elevii care veneau să asiste din toate ţările Europei.

Werner a descris un număr de roci definind vîrsta relativă a păturilor suprapuse. Între terenurile „primitive" şi terenurile „secundare", el a adăugat „terenurile de tranziţie". Face, de asemenea, un studiu foarte aprofundat al zăcămintelor minerale. După el, toate filoanele au fost umplute *per descensum*.

El încearcă să explice toate formaţiunile scoarţei terestre, nu plecînd de la foc, ci de la apă. Toate rocile au fost mai întîi dizolvate în apă, după care s-au depus. Această teorie, *neptunismul*, se opune cu îndîrjire *plutonismului* lui Hutton. Astfel, Werner şi Hutton considerau amîndoi cărbunele ca rezultat al îngropării şi alterării substanţelor vegetale, dar în timp ce Hutton explica această alterare prin căldură şi presiune, Werner vedea în ea acţiunea dizolvantă a acidului sulfuric provenind din pirită.

Pentru Werner, marea a depus nu numai roci stratificate şi fosilifere, dar şi granitul şi toate rocile cristaline. Acestea s-au format primele, pe cale chimică, devenind rocile *primitive*.

Lanţurile muntoase s-au format în mare; ele au ieşit la suprafaţă în timp ce marea se retrăgea în cavităţile interne ale globului. Astfel, după teoria lui Werner, toate rocile au fost produse de mare, iar activitatea internă a globului este cu totul trecută sub tăcere. Werner consideră bazaltul ca o rocă sedimentară, depusă de un ocean primar care acoperea cei mai înalţi munţi. Cît despre erupţiile vulcanice, el le atribuie arderii subterane a straturilor de huilă. În ceea ce priveşte zăcămintele minerale, Werner a stabilit că atunci cînd două filoane se încrucişează, cel mai recent este acela care îl taie pe celălalt şi că, în acelaşi filon, zona cea mai veche este cea care e situată în profunzime şi aproape de salbande. Aceste observaţii permiteau să se facă distincţia, în acelaşi district minier, între filoane de vîrste foarte diferite, după natura lor, după gangă şi după direcţie.

ŞCOALA BRITANICĂ. Autorii englezi din secolul al XVIII-lea continuă să utilizeze termenul de *geologie*: Bailey, în lucrarea sa *Geology, a Treatise or Description of Description of the Earth* (1736), Benjamin Martin, *în Philosophical Grammar* din 1736 şi Johnson, în lucrarea sa *Geology of the Doctrine of the Earth* (1755).

În Anglia, ca peste tot, cei rămaşi în urmă nu se gîndeau decît să se pună de acord cu Sfînta Scriptură, cu concepţia despre potopul universal şi cu învăţătura lui Moise. Un predicator celebru, John Wesley (1703—1791) afirma că vulcanii şi cutremurele de pămînt nu existau „înainte de păcat", în timp ce astronomul W. Whiston preciza, în 1708, că potopul începuse într-o zi de miercuri, 28 noiembrie.

J.T.Needham explica structura şi originea lanţurilor muntoase într-un fel foarte remarcabil. Acestea sînt compuse, spunea el, din strate concentrice de grosime egală, vizibil înălţate şi apoi rupte, după ce au dobîndit o oarecare rezistenţă faţă de starea aproape fluidă în care se găseau în timpul depunerii lor, aşa cum o atestă prezenţa fosilelor animale şi vegetale. Grosimea lor, egală pe o mare întindere, ne dovedeşte că ele au fost depuse orizontal. Publicaţiile lui Needham, datînd din 1769, sînt anterioare observaţiilor lui Jean de Limbourg (1770) şi ale lui Benedict de Saussure (1776 şi 1784).

JAMES HUTTON ŞI PLUTONISMUL. Scoţianul James Hutton (1726—1797), care părăsise medicina pentru geologie, nu şi-a alcătuit teoriile din scaunul cabinetului său, ci a studiat mult timp pe teren. Lucrarea sa *Theory of the Earth* (Teoria Pămîntului), prezentată la Societatea regală din Edinburgh în 1785 şi publicată în anul 1795, a fost considerată destul de obscură. Ea nu a cunoscut o notorietate durabilă decît după ce John Playfair (1748—1819), discipol al lui Hutton, a comentat-o în scrierile sale *Illustrations of the Huttonian Theory* (1802).

Hutton precizează mai întîi natura şi originea rocilor sedimentare: el crede că şisturile micacee şi chiar gnaisul sînt astfel de roci, de origine foarte veche. El este de părere că consolidarea sedimentelor se datoreşte *presiunii* crescînde exercitate asupra păturilor din adîncime, expuse *căldurii* focului central. Poziţia actuală a stratelor marine fosilifere provine din ridicarea acestor pături, deoarece ele nu mai sînt orizontale, ci deformate şi încreţite. Încreţiturile, îndreptate de jos în sus, sînt cu atît mai puternice cu cît ating roci mai vechi. Forţa lor este legată de puterea de expansiune a căldurii provenind din focul central. Hutton recunoaşte, după Werner, că filoanele metalifere s-au format posterior stratelor pe care le străbat. Cît despre rocile eruptive, şi mai cu seamă despre granit, el spune că sînt substanţe care, topite prin căldură, s-au ridicat eliberîndu-se din fundul regiunilor minerale: fluiditatea care a stat la originea acestor roci va fi probată prin structura cristalină. Granitul, pătrunzînd în mod vizibil în rocile sedimentare, ar fi apărut ulterior. Acest expozeu a prezentat esenţa unei teorii numite *plutonism* care, combătînd cu furie neptunismul lui Werner, va sfîrşi prin a-l învinge atunci cînd i se vor alătura A.von Humboldt şi Leopold von Buch.

WILLIAM SMITH. William Smith (1768—1839) este unul dintre fondatorii stratigrafiei aplicate la cartografie. Începînd din anul 1799, el propune o scară stratigrafică a formaţiunilor secundare din vestul Angliei, *Tabular View of the Order of Strata*, stabilind o ordine de succesiune confirmată de identitatea diferitelor fosile provenite din zăcăminte situate la distanţe foarte mari unele de altele. Studiind fosilele împreună cu Benjamin Richardson şi Joseph Townsend, el determină vîrsta relativă a stratelor şi publică o hartă în culori a regiunii Bath, fiind una dintre primele hărţi geologice engleze. Mai tîrziu, în anul 1815, el şi-a extins lucrările la harta geologică a Angliei şi a Ţării Galilor.

CLASIFICAREA SPECIILOR. Pînă în secolul al XVIII-lea, naturaliştii au adunat de-a valma toate fosilele şi chiar toate pietrele cu forme curioase. Aceste obiecte erau descrise şi ilustrate, fiind chiar comparate cu grupuri vii, dar fără nici o preocupare despre caracterele anatomice şi morfologice. Tentativele făcute în secolul al XVII-lea de către Morison, John Ray, Tournefort şi Leibniz, pentru a defini specia, erau încă insuficiente pentru a se ajunge la o clasificare generală a fiinţelor vii şi a fosilelor. Acest obiectiv a apărut mai realizabil în secolul al XVIII-lea datorită creării nomenclaturii binare de către Linné şi încercărilor de clasificare naturală a plantelor, întreprinse de Adanson, Bernard şi Antoine-Laurent de Jussieu.

ŞCOALA FRANCEZĂ. În 1708, J. Astruc publică un memoriu despre fosilele din împrejurimile aşezării Montpellier, care sînt, după spusele autorului, cochilii aruncate de Marea Mediterană. În 1720, într-un expozeu făcut asupra cochiliilor marine ale depozitelor calcaroase din Touraine, Réaumur explică într-un mod deosebit prezenţa acestor cochilii. Ele ar fi fost depuse de un curent oceanic venind dinspre Marea Mînecii care a provocat depunerile de cochilii de la Chaumont-en-Vexin, calcarul grosier din regiunea pariziană şi munţii de cretă — formaţi din carapacele calcaroase ale aricilor de mare — după care, mergînd în întîmpinarea apelor Atlanticului prin regiunea Niort şi La Rochelle, a depus amoniţi... Acest expozeu a fost prezentat la Academie de către Fontenelle, care l-a comentat în mod strălucit:

„Cu toate că pe Terra trebuie să fi rămas, şi au rămas într-adevăr, multe vestigii ale potopului universal despre care Sfînta Scriptură spune: nu potopul este acela care a produs mormanul de cochilii din Touraine... Ele trebuie să fi fost aduse şi depuse încetul cu încetul şi, ca atare, într-o perioadă mai mare decît un an. Trebuie că, *fie înainte*, fie după potop, suprafaţa Terrei să fi fost, cel puţin în cîteva locuri, foarte diferită de ceea ce este astăzi, că mările şi continentele să fi fost altfel dispuse şi că, în sfîrşit, în mijlocul regiunii Touraine trebuie să fi fost un mare golf."

În anul 1710, Fontenelle, prezentînd Academiei lucrările paleontologice ale lui Scheuchzer, rosteşte aceste cuvinte devenite clasice:

„Iată noi specii de medalii ale căror date sînt, şi fără comparaţie, mai importante şi mai sigure decît acelea ale tuturor medaliilor greceşti şi romane."

Descoperirea lui Réaumur i-a inspirat, în acelaşi timp, lui Fontenelle prima idee despre hărţile geologice:

„Pentru a vorbi cu certitudine despre această materie, scrie el, ar trebui să avem diferite hărţi geografice întocmite după toate felurile de cochilii îngropate în pămînt. Ce multe date ne-ar fi necesare, şi cît de mult timp ne-ar trebui ca să le putem dobîndi! Cine ştie, totuşi, dacă ştiinţele nu vor ajunge, într-o zi, pînă acolo, măcar în parte."

În Franţa, ca pretutindeni, erau şi mulţi rămaşi în urmă. Cel mai renumit rămînea Voltaire care, vorbind cu uşurinţă, nu a ezitat, în anul 1746, să-l trateze pe Bernard Palissy drept vizionar, şi apoi să pretindă că cochiliile, care

se găseau în munţi, fuseseră aduse de pelerinii veniţi din Siria sau de la Saint-Jacques de Compostelle. Dimpotrivă, în afara naturaliştilor care au creat cu răbdare ştiinţele despre Pămînt, trebuie să reamintim efortul meritoriu al lui Diderot şi al Enciclopediştilor care au stat în centrul luptei împotriva teoriei diluviene instaurată de biserică.

În lucrarea sa *Telliamed* (1748), Benoist de Maillet discută despre perioadele Genezei, lăsînd să se înţeleagă că zilele din Scriptură sînt, de fapt, epoci, şi negînd formal posibilitatea unui potop universal. Vorbind despre fosile, el crede că animalele şi plantele de pe pămînt sînt descendente ale celor care trăiau în marea universală, a cărei retragere a lăsat să apară la suprafaţă munţii.

Jean E. Guettard (1715—1786) a devenit celebru în anul 1746 prin publicarea (cu trei ani înainte de apariţia lucrării *Théorie de la Terre* de Buffon) a lucrării *Mémoire et carte minéralogique sur la nature et situation des terrains qui traversent la France et l'Angleterre*, arătînd că există o oarecare regularitate în distribuţia existentă a pietrelor, metalelor şi a majorităţii celorlalte fosile. În ansamblu, el distinge pe hărţile sale geologice trei zone concentrice: *nisipoasă*, *marnoasă* şi *şistoasă* sau *metalică*. Guettard subîmparte şi mai bine fiecare dintre aceste fîşii de strate de naturi diferite, cu ajutorul a 50 de semne convenţionale, indicînd pietrele, carierele, zăcămintele fosilifere, izvoarele termale etc. El a realizat astfel prima hartă geologică demnă de acest nume. Lavoisier a fost un colaborator foarte activ al lui Guettard la întocmirea marii lucrări *Atlasul mineralogic al Franţei*, care avea să cuprindă 214 file folosind 211 semne convenţionale.

Guettard a publicat numeroase observaţii despre fosile, despre carierele de ipsos de la Paris, despre trilobiţii din şisturile de Angers, despre mamiferele din gipsul parizian, numuliţii şi mineralogia din regiunea Dauphiné (1779). Una dintre importantele sale descoperiri a avut loc în Auvergne, la reîntoarcerea sa din Italia. Vorbind despre localitatea Volvic, din apropiere de Clermont, el exclamă: „Volvic, *volcani vicus*", anunţînd Academia de Ştiinţe, la 10 mai 1752, că mai mulţi munţi din centrul Franţei sînt vechi vulcani. Dar, nimeni nu l-a crezut. În 1759 el şi-a completat studiile, dar, lucru curios, el nu a recunoscut că bazaltul este o rocă vulcanică.

Cel care a demonstrat originea vulcanică a bazaltului — pe care Cuvier nu o admitea încă nici în anul 1803 — recunoscînd aceeaşi compoziţie la „vulcanii în flăcări" şi la „vulcanii stinşi", a fost Nicolas Desmarest (1725—1815) care, după ce a vizitat Italia, a întocmit o hartă amănunţită a vulcanilor stinşi din Auvergne.

Se pare că tot N. Desmarest a fost acela care a făcut primul distincţia netă între cutele concave (strate curbate în arc concav) şi cutele convexe (strate curbate în arc convex), deformări ale scoarţei desemnate azi prin termenii de sinclinal şi anticlinal, creaţi de Conybeare şi Buckland în anul 1822.

Vom mai cita numele abatelui Palassou, care a scris o lucrare remarcabilă, *Essai sur la minéralogie des Monts-Pyrénées* (1781). Palassou a fost primul care a recunoscut paralelismul general al stratelor în raport cu axa lanţului muntos, atribuind săparea văilor de eroziune cursurilor de ape (şi nu mării, cum se

credea în general). Textul său este însoţit de o hartă geologică a versantului nordic al lanţului muntos studiat.

OPERA LUI BUFFON. Împrumutînd de la Descartes, Newton, Sténon şi Leibniz ideea focului central, Buffon l-a situat la baza unui sistem pe care l-a dezvoltat în lucrările sale *Théorie de la Terre* şi *Époques de la Nature*.

În anul 1749, el publică lucrarea *Théorie de la Terre* unde, după ce relevă cu asprime glumele lui Voltaire, arată marea răspîndire a fosilelor, făcînd deosebire între speciile pelagice şi speciile de pe litoral şi semnalînd dispariţia completă a unor forme, cum ar fi de pildă amoniţii.

După Desmarest, el recunoaşte originea bazaltului ca produs rezultat prin ardere şi remarcă faptul că focul vulcanilor nu vine, desigur, din focul central, şi nici de la o adîncime foarte mare, căci „aerul le este absolut necesar pentru a izbucni focul, sau măcar pentru a-l întreţine". Nefiind dispus să intre în conflict cu biserica, Buffon scrie că „Terra era, înaintea potopului, aproape la fel cum este şi astăzi". El atribuie mai întîi geneza munţilor singurei acţiuni a mării, dar, într-o a doua ediţie, el ne asigură că „munţii nu au fost formaţi de ape, ci produşi de focul primitiv. Apa a intervenit abia după aceea".

În anul 1778, Buffon publică marea sa operă *Époques de la Nature*, lucrare de mare întindere, stufoasă, de multe ori obscură, încărcată de speculaţii filozofice, dar care conţine şi numeroase idei originale, dintre care unele au fost condamnate de Facultatea de teologie din Paris.

Pentru a explica fenomenele vechi, Buffon se mărgineşte la cauzele actuale: de altfel, el le cunoaşte destul de vag şi pe unele şi pe celelalte, neavînd decît foarte puţine contacte directe cu Natura. Înzestrat cu o inteligenţă uimitoare, Buffon abordează în acelaşi timp toate subiectele şi expune idei cu totul noi.

El este primul care îndrăzneşte să exprime o părere precisă asupra *duratei timpurilor geologice*: „Păturile stratificate, scrie el, rezultă într-adevăr dintr-o sedimentare sub apă, care s-a prelungit timp de mii de ani şi nu numai în timpul celor 40 de zile ale potopului".

Împărţind, la rîndu-i, istoria Pămîntului în şase epoci, el are marea îndrăzneală de a fixa durata minimă la 75 000 de ani. La obiecţiile care i se aduc, el răspunde prin crearea metodei de calcul a *duratei sedimentării*. Studiind subţirimea foilor de gresie, el observă că o maree nu poate depune decît 1/12 din linia de grosime a sedimentelor, ceea ce reduce grosimea depozitului anual la 5 degete. El adaugă, de altfel, că cei 75 000 de ani pe care i-a menţionat nu sînt decît un ordin de mărime încă insuficient...

Buffon confirmă dispariţia totală a anumitor grupe de animale, cunoscute în exclusivitate în stare fosilă, adăugînd amoniţii, ortoceratiţii şi pietrele numismale (numuliţii), belemniţii şi pietrele iudaice (ţepii aricilor-de-mare) etc. Ideile sale asupra evoluţiei speciilor, studiate mai înainte[2], vor fi reluate în secolul al XIX-lea sub denumirile de întrecere vitală, selecţie naturală şi influenţa mediului. Să menţionăm, în sfîrşit, că Buffon a fost, în acelaşi timp, şi creatorul paleogeografiei. El cunoştea îndeajuns faunele mamiferelor ac-

[2] A se vedea studiul lui J. ROSTAND, pp. 606—608.

tuale din Lumea Veche şi Lumea Nouă, pentru a trage concluzia că, probabil, aceste două continente au fost legate între ele cîndva, fiind separate abia în „epoca a şasea".

Opera atît de importantă a lui Buffon a avut un succes imens şi a contribuit în mare măsură la răspîndirea gustului pentru studiul ştiinţelor naturale. Ea cuprindea noutăţi care aveau să dobîndească adevărata lor valoare în secolul al XIX-lea.

DOLOMIEU. În anii V şi VI ai primei Republici, Dieudonné Dolomieu (1750—1801) a vizitat o parte din Munţii Alpi, complăcîndu-se în situaţia de a verifica la faţa locului observaţiile lui H.B. de Saussure. Într-un raport publicat în „Journal des Mines" (Jurnalul minelor), el expune o concepţie asupra fenomenelor de acoperire care stau la originea însăşi a teoriei suprafeţelor de alunecare. Acest fapt este atît de surprinzător, încît vom cita textul original, cu tot aspectul său confuz şi cauzele ciudate care sînt evocate aici:

„Explicaţia acestei situaţii (cutarea şi ridicarea stratelor) care nu poate fi de la origine şi din tot vacarmul şi dezordinea aparentă care se observă în aceşti munţi, nu poate să se găsească decît în supoziţia unei lovituri (şoc), care, lovind oblic în scoarţa consolidată a globului nostru, a făcut-o să se retragă, şi rupînd-o cu violenţă a deplasat şi a ridicat bancurile, forţîndu-le pe unele dintre ele să se boltească, să se încovoaie între ele, menţinîndu-se în aer, cum ar fi masele care constituie Mont Blanc, pe cînd celelalte, căzînd în urma zguduiturii, *s-au prăvălit peste masele inferioare, încălecîndu-le*, susţinîndu-se astfel într-o stare mai puţin îndepărtată de poziţia lor originală; acestea ar fi masele din care este compus Mont Rose."

GIRAUD-SOULAVIE. Jean Louis Soulavie (1752—1813), care a îmbrăcat haina ecleziastică sub numele de Giraud, a fost adevăratul întemeietor al paleontologiei stratigrafice, fiind în acelaşi timp şi unul dintre precursorii transformismului; a fost, de asemenea, primul care şi-a imaginat cît de mare putea să fie durata timpurilor geologice.

În 1772, Giraud-Soulavie a descoperit vulcanii din Vivarais, pe care i-a comparat mai tîrziu cu lavele din Agde. El a menţionat că scurgerile de lavă din Vivarais au fost tăiate în adîncime de cursurile de apă şi că sfărîmăturile fuseseră transportate în bazinul Rhône-ului, departe în aval. Gîndindu-se că această activitate de eroziune şi de transport durase foarte mult timp, el şi-a imaginat o cronologie bazată pe *timpurile de săpare a văilor*. Să se fi inspirat oare dintr-o lucrare anterioară a lui H. Gautier din Nîmes, apărută în 1723—1724? Fapt cert este că el a ajuns la cifre care depăşeau cronologia din Scriptură.

În anul 1778 el vine la Paris proiectînd să pregătească o *Geografie fizică a Franţei*. Această idee, care a fost bine primită, a fost susţinută de Academie. Astfel, lucrarea *Histoire naturelle de la France méridionale*, care fusese proiectată în şapte volume, a început să apară din anul 1780, dar ideile lui Giraud-Soulavie, combătute de către Buffon, au fost rău primite de conformişti. Publicarea unora dintre părerile sale, prin care el stabilea durata aproxima-

tivă a fenomenelor geologice la mai multe sute de milioane de ani, a arătat enormitatea dezacordului său cu Scriptura. De aceea, în 1784, la vîrsta de 32 de ani, a fost obligat să renunțe la geologie, și ultimele două volume ale lucrării sale n-au mai putut fi publicate. Începînd din anul 1779, el scria că terenurile formate din roci sedimentare puteau fi clasificate după fosilele pe care le conțineau.

„Plantele necunoscute, închise în ardeziile cele mai vechi și scoicile marine închise în marmurile primitive au ocupat, primele, imperiul mărilor și al pămînturilor... Printre scoici se găsesc familii care au existat înaintea altora... Natura a înmulțit familiile, pe care le-a perfecționat din ce în ce mai mult, făcînd mai întîi ceea ce era mai simplu și apoi ceea ce era mai complicat..."

Pornind de aici, el ajunge să subîmpartă istoria terenurilor formate din roci sedimentare în cinci epoci: *prima vîrstă*, cu animale fosile dintre care nu mai există nici o specie asemănătoare în lumea actuală (ortoceratili, amoniți, belemniți); *vîrsta a doua*, caracterizată printr-un amestec din aceleași fosile, cu altele care mai au încă reprezentanți, cum ar fi scoica-pieptene și nautilul; *vîrsta a treia*, „cu cochilii recente ale căror descendenți mai trăiesc încă în mări și care se găsesc în pietrele moi și în calcar"; *vîrsta a patra*, aceea a șisturilor arborizate din miocen, și *vîrsta a cincea*, cu conglomerate conținînd dinți de elefanți.

Giraud-Soulavie insistă asupra dispariției totale a faunelor vechi care au fost înlocuite cu altele ce vor pieri la rîndul lor. El se afirmă ca un precursor al transformismului, susținînd că multiplicarea formelor, cunoscută în toate familiile lumii organizate, provine din alterarea formelor primitive sub influența mediului (sol, temperatură, hrană etc.). Redus la tăcere, acest precursor genial s-a supus, renunțînd la geologie. Dar cum a izbucnit revoluția, el a profitat de noile libertăți, iar în anul 1793 a adus precizarea, și anume că uzura unei singure scurgeri de lavă ar putea să dureze mai mult de șase milioane de ani. Giraud-Soulavie a străpuns zidul Genezei, inaugurînd geologia modernă.

B. PREISTORIA

Preistoria, ultimul capitol al geologiei, studiază perioadele anterioare istoriei și evoluția umanității în ultimul milion de ani, care constituie perioada cuaternară a geologilor. Cuaternarul este studiat în funcție de depozitele sedimentare, de fauna și de flora fosilă pe care le cuprinde, de oamenii fosili și de îndeletnicirile omului (silex cioplit îndeosebi). Acest studiu presupune deci cunoașterea îndeletnicirilor umane dinainte de descoperirea metalelor, recunoașterea vechimii îndepărtate a omului și a contemporaneității faunelor și florelor fosile. Aceste concepții erau greu de acceptat într-o lume obișnuită să nu țină seama decît de litera Scripturii și de realitatea indiscutabilă a potopului universal. Cu toate acestea, în secolul al XVIII-lea, cîțiva precursori vor cuteza să ridice unele probleme.

ETNOGRAFIA COMPARATĂ. „Topoarele" tăiate sau şlefuite erau numite, ca de obicei, ceraunite sau „pietrele tunetului", pînă în anul 1717, cînd apare o lucrare postumă a lui Michele Mercati (1541—1593), *Metallotheca*, în care se găseşte o concepţie mai corectă în legătură cu acestea.

„Majoritatea oamenilor, scrie Mercati, cred că ceraunitele sînt produse de trăsnet. Cei care studiază istoria sînt de părere că ele au fost desprinse printr-un şoc violent din silexul foarte dur înainte ca fierul să fi fost folosit pentru nebuniile războiului. Căci cei mai vechi oameni nu foloseau drept cuţite decît aşchii de silex."

Cîţiva ani mai tîrziu, A. de Jussieu, apoi iezuitul Lafitau (1724) şi magistratul Mahudel (1734) *compară* aceste instrumente din piatră ale strămoşilor noştri cu armele de piatră ale popoarelor primitive actuale, arătîndu-le similitudinea. Acestea sînt primele încercări de etnografie comparată.

În 1715, un farmacist şi anticar din Londra, Conyers, găsise în pietriş, în apropierea unui schelet de elefant, o secure cioplită. Prietenul său Bagford emite ipoteza că această secure de silex era o armă de care se folosise un breton pentru a ucide elefantul, care fusese adus în acele locuri de către romani sub domnia împăratului Claudiu. La sfîrşitul secolului al XVIII-lea, un alt englez, John Frere, a făcut o descoperire asemănătoare la Hoxne, în Suffolk, şi declară că ea „se raporta la o perioadă desigur foarte îndepărtată, mult mai veche decît lumea actuală". Această observaţie uimitoare a trecut neobservată; era probabil pentru prima dată cînd se amintea despre posibilitatea existenţei unei antichităţi îndepărtate, cînd omul trăia în acelaşi timp cu animalele dispărute.

EPOCA URIAŞILOR. În secolul al XVIII-lea, preistoria este dominată de obişnuinţa de a considera textele sfinte ca ştiinţifice şi riguros exacte. Însăşi existenţa oamenilor-fosili nu a apărut ca posibilă decît în ultimii ani ai secolului. Întrebarea nu-şi prea găsea rostul, deoarece se admitea că oamenii foarte vechi erau nişte uriaşi cu mult mai mari decît noi. De asemenea, potopul universal distrugîndu-i pe toţi oamenii, cu excepţia lui Noe şi a familiei sale, căutarea strămoşilor devenea inutilă.

De altfel, în Geneză se poate citi: „În vremea aceea erau pe pămînt uriaşi, după ce fiii Domnului veniseră către fiicele oamenilor, care le-au dăruit copii; aceştia au fost faimoşii eroi din antichitate" (C. VI,v. 4).

Atît antichitatea, cît şi evul mediu şi Renaşterea au crezut în existenţa uriaşilor. În secolul al XVI-lea, într-o biserică din Valencia, în Spania, se păstra conservat un dinte de elefant fosil, zis al lui Saint-Christophe, iar în altă biserică spaniolă, un femur de elefant fosil, venerat ca braţul unui sfînt. În 1714, Royal Society a primit un raport din partea dr. Cotton Mather din Boston, în care oasele mamuţilor descoperiţi la Albany în anul 1705 sînt reprezentate ca oseminte ale unei rase blestemate care a existat înaintea potopului. În secolul al XVIII-lea, Scheuchzer mai vorbeşte despre osemintele uriaşe găsite în 1577 în împrejurimile Lucernei pe care Felix Platter, profesor la Facultatea de medicină din Basel, le atribuie unui om înalt de 17 picioare.

Anatomia strămoşilor noştri era atît de puţin cunoscută, încît Scheuchzer, deşi naturalist talentat, descrie în anul 1726, sub numele de *Homo diluvii testis* (omul martor al potopului) scheletul marii salamandre fosile din Oeningen, în Elveţia. Această descriere a fost reprodusăde A.-J. Dezallier d'Argenville şi abia în anul 1787 anatomistul Camper a recunoscut în ea o reptilă, care a fost determinată mai tîrziu de către Cuvier.

Problema omului fosil nu i-a scăpat nici lui Buffon care, în anul 1778, în lucrarea sa *Époques de la Nature* arată că, după părerea lui, omul a trăit cu mult în urma elefantului şi rinocerului fosil, ale căror oase şi dinţi se găsesc în aluviunile Senei şi ale altor cursuri de ape. În ciuda acestei erori, Buffon a avut meritul de a lua poziţie şi de a preciza părerea contemporanilor săi.

Abia în anul 1797, John Frere va ridica problema omului străvechi, contemporan cu animalele dispărute.

C. MINERALOGIA

Enciclopedia lui Diderot şi d'Alembert dă, în 1765, o definiţie datorată penei baronului d'Holbach, care înglobează în fapt toate ştiinţele despre Pămînt:

„Mineralogia, luată în toată întinderea ei, scrie d'Holbach, este partea din istoria naturală care se ocupă de cunoaşterea substanţelor din regnul mineral, adică pietrele, sărurile, substanţele inflamabile, pietrificările, într-un cuvînt de corpurile neînsufleţite, dar nu lipsite de organe sensibile, care se găsesc în sînul Pămîntului şi la suprafaţa sa. Într-un sens mai restrîns, prin mineralogie se înţelege succesiunea de lucrări care se fac pentru exploatarea minelor, şi atunci, sub acest nume, se înţelege şi metalurgia."

Alături de această definiţie încă nesatisfăcătoare se găsesc idei foarte reuşite asupra rolului observaţiei şi lucrului pe teren:

„...Speculaţiile liniştite din birou, cunoştinţele dobîndite din cărţi nu pot forma un mineralog; el trebuie să citească în marea carte a naturii; el trebuie să coboare în adîncimile Pămîntului pentru a-şi supraveghea lucrările sale misterioase; numai cătărîndu-se pe crestele munţilor abrupţi, numai parcurgînd diferite ţinuturi, el va ajunge să-i smulgă naturii cîte una din tainele pe care ea le ascunde privirilor noastre."

Mineralogia, aşa cum o înţelegem noi, nu era pe atunci o ştiinţă distinctă. În secolul al XVIII-lea Wallerius şi Werner au studiat reguli de determinare şi de clasificare a mineralelor, în timp ce Bergman, Cronstedt şi von Born s-au ocupat de compoziţia lor chimică. Rezultatele obţinute de aceştia din urmă sînt destul de imprecise; ei consideră, de exemplu, feldspatul ca fiind „un pămînt silicos, amestecat cu argilă şi cu puţină magnezie".

Torbern Bergman (1735—1784) a fost considerat adesea ca un precursor al lui Haüy, pentru că a dat o interpretare trecerii calcitei de la romboedru la

prisma hexagonală şi la scalenoedre. De fapt, punctele de vedere sînt destul de diferite. În timp ce Bergman se limitează la simple constatări geometrice privind trecerea dintr-o formă în alta, fără să încerce să-i explice originea, Haüy îşi va întemeia deducţiile pe o teorie generală a structurii cristalelor (Ch. Mauguin).

Linné insistase asupra formelor cristaline (1735), dar el credea că toate cristalele de aceeaşi formă geometrică aveau compoziţii chimice asemănătoare. În 1745, chimistul rus Lomonosov a semnalat într-un important catalog de minerale că unghiurile diedre ale unor anumite cristale sînt constante, însă acest lucru a fost ignorat de naturaliştii din Europa occidentală. În 1772, în lucrarea sa *Essai de Cristallographie*, Romé de l'Isle (1736—1790) a pus la punct cunoştinţele epocii sale şi, împreună cu elevul său A. Carangeot, a descoperit în anul 1783 legea constanţei deschiderii unghiurilor diedre ale cristalelor de aceeaşi specie[3], şi metoda troncaturilor. El a subliniat importanţa cristalografiei (şi a inventat, de altfel, termenul).

Într-adevăr, în lucrarea sa *Essai de cristallographie* (1772), el scrie: „Lucrarea pe care o prezint publicului nu este numai o cristalografie completă, atît cît o permite starea actuală a cunoştinţelor noastre, dar ea este şi o litologie, care, împreună cu mineralogia, ne duce la idei generale asupra teoriei despre Pămînt, despre care nici un sistem n-ar putea da o explicaţie corespunzătoare dacă baza acestui sistem şi sprijinul său cel mai puternic nu sînt cristalele."

El a avut un adversar foarte periculos în persoana lui Buffon care acorda formelor cristaline o importanţă minimă şi a cărui concepţie era destul de simplistă.

În acest sens Buffon scrie: „Putem spune cu toată seriozitatea că nu există decît o singură sticlă primitivă, şi anume cuarţul, a cărui substanţă modificată prin atingere cu focul a luat forma jaspului (matostatului) şi aceea de mică prin exfolierea amîndurora: acelaşi cuarţ, cu o cantitate mai mare de fier şi cu alte materiale eterogene s-a transformat în feldspat şi în schorl. Se pare că Natura a limitat la aceste cinci materii numărul primelor sticle produse de focul primitiv, din care s-au compus mai tîrziu toate substanţele sticloase din regnul mineral."

Cît despre caracterele specifice, Buffon se limitează la duritate, densitate, omogenitate, fuzibilitate şi combustibilitate. Forma cristalină nu este decît o întîmplare (un accident). Toate acestea arată limpede că nu se ştia încă ceea ce este o *specie mineralogică*, că nu se ajunsese încă la definirea caracterelor esenţiale; numai chimiştii considerau o specie mineralogică ca o colecţie de substanţe anorganice asemănătoare prin compoziţia lor chimică.

[3] Începînd din anul 1745, chimistul rus Lomonosov, într-un important catalog de minerale, semnalase constanţa unghiurilor diedre ale diferitelor cristale, dar lucrarea sa, publicată în limba rusă, a rămas necunoscută naturaliştilor din Europa occidentală. — *N.A.*

RENÉ-JUST HAÜY. Mineralogia era predată la Jardin du Roi de către un prieten al lui Buffon, zoologul Daubenton (1716—1800) care, printre elevii săi, a avut un tînăr ecleziast, René-Just Haüy (1743—1822), care avea să devină adevăratul întemeietor al mineralogiei moderne.

În anul 1770, abatele Haüy, profesor la Colegiul Cardinal-Lemoine, frecventa cursul lui Daubenton. Botanist şi amator de cristale, era uimit de faptul că mineralele aveau forme cristaline diferite, în timp ce florile aceleiaşi specii aveau întotdeauna acelaşi număr de petale. Chinuit de problema structurii cristalelor, el observă că, desprinzînd fragmente dintr-un cristal prismatic de calcit cu ajutorul lamei unui cuţit introdusă „în legăturile naturale situate între lamele care formează prisma", se obţin romboedre din ce în ce mai mici, dar mereu perfecte. El a ajuns la concluzia că ar fi posibil să se obţină romboedre mult mai mici, corpusculi care ar fi molecule integrante. Două note preliminare, una despre structura cristalelor de granat (supusă Academiei de Ştiinţe la 21 februarie 1781) şi cealaltă asupra structurii spaturilor calcaroase (la 22 decembrie) marchează primele etape ale operei sale. El şi-a dezvoltat teoria care marca începuturile cristalografiei în lucrarea *Essai d'une théorie sur la structure des cristaux appliquée à plusieurs genres de substances cristallines* (1784).

Membru al Academiei de Ştiinţe începînd din anul 1783 (la secţia de botanică), abatele Haüy a fost numit în anul 1795 membru al Institutului naţional, apoi profesor la Şcoala de mine şi profesor de mineralogie la Muzeu în anul 1802. În 1801, el publică *Traité de minéralogie* (5 vol., dintre care un atlas de figuri; ed. II, 1822), iar în 1822 publică *Traité de cristallographie* (3 vol., dintre care unul de planşe).

Lui Haüy i se datorează cunoaşterea structurii cristalelor: el consideră orice cristal ca un ansamblu de poliedre mici, toate egale între ele (pe care le-a numit *molecule integrante* şi alipite prin feţele lor, a căror formă este realizată prin planurile de clivaj, prin striuri etc. sau prin apariţia de forme secundare derivate din forma primitivă, conform legilor recunoscute. Noţiunea de clivaj (pe care el o denumea „crăpătură") şi explicarea troncaturilor au constituit o contribuţie nouă şi hotărîtoare.

După ce a descoperit legile structurii mineralelor, Haüy le-a aplicat în clasificarea acestora. În acest scop, el a definit *specia* mineralogică ca pe o „colecţie de corpuri ale căror molecule integrante sînt asemănătoare prin forma lor şi compuse după aceleaşi principii, unite între ele prin aceeaşi legătură". El împarte apoi speciile minerale în cinci clase: pietroase şi saline, combustibile neferoase, metalice, produse prin foc, vulcanice.

Opera lui Haüy se extinde, în acelaşi timp,asupra secolului al XVIII-lea şi asupra secolului al XIX-lea; de aceea studiul său va fi continuat şi în volumul următor.

STUDIUL MINERALELOR LA MICROSCOP. În secolul al XVII-lea, metodele optice începuseră să fie aplicate ştiinţelor despre Pămînt datorită mai cu seamă valoroaselor observaţii ale lui A. van Leeuwenhoek, părintele protistolo-

giei, şi ale lui Robert Hooke, care a creat anatomia comparată a plantelor vii şi a fosilelor.

În 1672, Huygens observă polarizarea unei raze luminoase ce străbătea un cristal limpede de spat de Islanda. Cu toate perfecţionările aduse în construirea microscoapelor, în cea mai mare parte a secolului al XVIII-lea nu s-au făcut progrese remarcabile în studiile microscopice. Cu toate acestea, în anul 1782, Daubenton publică o interesantă lucrare de mineralogie microscopică în care arată mai cu seamă adevărata natură a dendritelor. Apoi au urmat un studiu de Dolomieu (în 1794) şi, în anul 1800, o lucrare în care Fleuriau de Bellevue descrie lavele din împrejurimile Romei.

Secolul al XVIII-lea asistă, astfel, la un strălucitor avînt al geologiei, la crearea unor rivalităţi în teorii, la observaţiile esenţiale asupra naturii fosilelor, la primele aprecieri în ceea ce priveşte vîrsta globului pămîntesc, la primele observaţii în domeniul preistoriei şi, în sfîrşit, la adevărata naştere a mineralogiei.

NOTĂ. Din vasta operă a lui D. Cantemir, importantă şi pentru aporturile în domeniul ştiinţelor geologice şi geografice, desprindem în primul rînd lucrarea *Descriptio Moldaviae*. Datele sale asupra izvoarelor şi exploatărilor de păcură, asupra salinelor, asupra extracţiei aurului aluvionar constituie primele informaţii ştiinţifice sistematice. Descriind Ceahlăul, pe care îl compară cu cei mai vestiţi munţi ai antichităţii, cum sînt Olimpul, Pindul, sau Palia, marele domnitor savant face o seamă de aprecieri, dintre care citäm fenomenele de eroziune în calcare care au dat naştere stîncii denumite Dochia, în jurul căreia s-au ţesut legende şi balade. Stîncile albe calcaroase de sub vîrful Ceahlăului sînt considerate însă de Cantemir drept un brîu de zăpadă, vîrful muntelui fiind foarte înalt şi rămînînd, din acest motiv, deasupra norilor.

Cantemir recunoaşte şi apreciază ca atare resturile fosile, cum sînt peştii fosili din şisturile disodilice de la Tg. Ocna, precum şi depozitele concreţionare de fosfaţi din malul „Tyrassului" (Nistrului).

Însoţind pe ţarul Petru I în expediţia împotriva Persiei (1722), Cantemir ajunge în Caucaz, unde întreprinde studii complexe de istorie, etnografie şi geografie fizică, indicînd chiar harta unei porţiuni din acest lanţ muntos. Scrierile şi hărţile sale nu au putut fi nici tipărite şi nici măcar redactate de autorul lor, care moare la puţin timp după înapoierea din expediţie. Datele sale geografice privind „marele zid caucazian", relieful Caucazului şi geografia regiunilor Mării Caspice ne sînt cunoscute din lucrările unor savanţi străini care au luat legătura cu fiii lui Cantemir, de la care au obţinut materialul documentar. Între aceştia se numără profesorul Bayer de la Academia din Petersburg (cu lucrarea *De muro Caucaseo*) şi apoi geograful francez J.N. Delisle care a stat, după moartea lui Petru I, timp de 20 de ani în Rusia, în calitate de director al Observatorului astronomic, şi care vorbeşte despre o descriere, în limba latină a Moldovei, sub titlul *Dacia vetus et nova*, însoţită de o hartă inedită a acestei ţări. — *C.V.P.*

ȘTIINȚA PE TERITORIUL R. S. ROMÂNIA ÎN SECOLELE XV-XVIII*

Volumul de față este alcătuit din patru părți care diferă prin ideea centrală de organizare a materialului. În primele trei părți, știința europeană este privită mai cu rînd ca o entitate abstractă care se dezvoltă prin contribuții de performanță ale unor gînditori și savanți din diferite țări occidentale. În partea a patra, știința dinafara Europei este considerată ca un fenomen social explicat prin condiții concrete materiale, sociologice și istorice, trăit de către societate în instituțiile de învățămînt, *în* colecțiile, laboratoarele sau bibliotecile oamenilor de știință, ca și *prin* mijlocirea publicațiilor tipărite. Criteriul „teritorialității" este aplicat cu consecvență și cititorul capătă o imagine despre *viața științifică* dintr-o epocă dată, într-un cadru geografic și politic dat.

Firește, dacă acest al doilea punct de vedere ar fi fost aplicat și diferitelor zone ale Europei, lucrarea ar fi cîștigat în valoare documentară, ca și în perspectivă. Ne amintim de recomandațiile lui G. Sarton care preconiza ca istoricul științei să-și desfășoare investigațiile pe trei „axe": să urmărească evoluția istorică integrală a *unei anumite ramuri* a științei și tehnicii; să cerceteze multilateral — și în toate țările — știința și cultura *unei anumite epoci*", să examineze cu atenție știința *unei anumite țări*, în întreaga sa desfășurare istorică.

Credem că putem suplini în parte această carență prin unele considerații privitoare la dezvoltarea științei și a vieții științifice pe teritoriul țării noastre.

Diferitele regiuni ale României de azi au avut, în acele vremuri, condiții social-istorice și ideologice diferite. Transilvania fusese înglobată de timpuriu (secolele X-XII) într-un stat monarhic feudal, catolic, avînd legături dinastice și religioase cu Occidentul. A primit colonizări (mai ales germane) din Occident și a avut o vie viață comercială și meșteșugărească. Aci au ajuns, succesiv, ecourile doctrinei lui Huss, rezonanțele Renașterii, propagandiști ai Reformei, emisarii culturii și politicii austriece. Aici s-a afirmat, mai întîi, umanismul; aici s-au înființat primele școli laice și primele tipografii. Moldova și Muntenia, care s-au constituit ca state independente relativ tîrziu (secolele XIV-XV), au reprezentat locul de refugiu al unor tradiții culturale bizantine, chiar și după ce au fost subjugate de otomani. În Moldova s-au făcut simțite legăturile culturale cu Polonia, cu Ucraina, cu Rusia. În Țara Românească au ajuns, în secolele XVII-XVIII, influențe ale culturii italiene. Administrația fanariotă a favorizat influențele neoelene, prin mijlocirea acestora din urmă asimilîndu-se multe elemente ale iluminismului francez. Vicisitudinile istorice au fost cauza principală pentru care teritoriile noastre nu au constituit un loc prielnic pentru o activitate științifică susținută și de amploare. Totuși, în secolele XVI-XVIII asistăm atît la un „import" de eruditi străini care activează pe tărîm didactic și publicistic în Principate, cît și la un „export" de mari valori științifice românești, maghiare și săsești; aceste valori au îmbogățit cultura europeană (N. Olahus, Th. Jordanus, N. Milescu, P. Movilă, A. Cseri, D. Cantemir etc.).

În condițiile orînduirii politice de tip feudal, mentalitatea medievală și stilul cultural corespunzător se mențin pînă în secolele XVII-XVIII. Cultura este dominată mult timp de teologie, autoritățile ecleziastice avînd în grijă o bună parte a învățămîn-

*Notă V. S.

tului public. *În perioada statului feudal centralizat* (secolele XV-XVI) se dezvoltă literatura istorică, parenetică, religioasă şi apocrifă. Este perioada în care începe să apară scrisul în limbile naţionale, în care se introduce tiparul, în care începe să se organizeze învăţământul. Cultura umanistă este împletită, în Transilvania, cu propaganda Reformei. În secolul al XVII-lea preocupările ştiinţifice cuprind geografia şi tot mai multe sectoare ale ştiinţelor naturii; se simte nevoia unui învăţământ de nivel superior. *În perioada destrămării feudalismului* (secolul al XVIII-lea) aceste tendinţe se concretizează, apar influenţe şi realizări iluministe, se accentuează caracterul laic al învăţământului şi al cercetării, se subliniază necesitatea unei culturi superioare pentru nevoile practicii.

Este de menţionat faptul că, în toată această perioadă, de afirmare şi de diferenţiere a ştiinţelor naturii, eruditul (ca şi învăţătorul) are predominent o cultură istorico-literară şi teologică, dar este — mai mult sau mai puţin — un enciclopedist. Savantul specializat practic nu există, iar preocupările de *culturalizare* ocupă un loc important în activitatea sa — o premisă a acestei activităţi de „luminător" fiind apariţia tiparului. Necesitatea obiectivă a preocupărilor multilaterale este adesea exprimată concret prin nevoia de manuale didactice şi de cărţi de învăţătură pentru publicul cultivat, ca şi pentru popor.

Personalităţile cu formaţie eclesiastă sau cu rang clerical au jucat un rol însemnat în secolele XVI-XVII atît în Transilvania, cît şi în Muntenia şi Moldova. Acest fapt trebuie explicat prin condiţii social-istorice concrete, dar şi prin elemente de suprastructură ideologică. Tutela bisericii asupra culturii, faptul că episcopii şi călugării aveau condiţii materiale asigurate, că accesul la studii superioare, pentru un tînăr de condiţii sociale modeste, era posibil numai prin încadrarea în ierarhia bisericească, lupta dintre Reformă şi Contrareformă, dintre catolicism şi ortodoxism (în Transilvania) sînt cîteva dintre cauzele acestei stări de lucruri. Pe de altă parte însă, s-au afirmat treptat oamenii de ştiinţă laici, recrutaţi mai ales din rîndul medicilor. Prin frecventarea unor şcoli înalte de peste hotare, la care predau savanţi celebri şi care erau situate în mari centre universitare, prin relaţiile stabilite acolo cu alţi medici şi oameni de ştiinţă; prin faptul că profesiunea favoriza peregrinajul şi contactul cu reprezentanţi ai claselor sociale dominante; prin baza largă şi variată a culturii de specialitate, prin poliglotismul lor — medicii erau chemaţi într-adevăr să aibă un rol social-cultural de prim ordin.

Medicul acelor vremuri era şi naturalist, şi etnograf, şi istoric sau filolog, uneori chiar diplomat sau om politic. Ca exemple ilustrative îi putem cita pe Giorgio Blandratta (1515-1590) şi pe Iacob Pylarino (1659-1718); I. Piuariu-Molnar, primul român care a ocupat o catedră de nivel superior în învăţământul medical (Cluj, sfîrşitul secolului al XVIII-lea), a elaborat un dicţionar.

Este semnificativ faptul că oameni de înaltă erudiţie au ajuns la scaunul domniei ori s-au găsit printre pretendenţi la tron. Citäm pe Petru Rareş, pe Petru Cercel, pe Neagoe Basarab, pe Iacob Heraclide Despotul (acesta a avut studii medicale la Montpellier şi se pare că a predat matematica la Rostock), pe Nicolae Milescu, pe Dimitrie Cantemir, pe N. Mavrocordat (fiu de medic şi diplomat).

Legăturile culturale şi ştiinţifice dintre Ţările Române şi focarele de cultură europene s-au stabilit şi menţinut pe mai multe căi. Mulţi tineri români, germani, maghiari, aparţinînd familiilor nobiliare sau domnitoare, ca şi burgheziei orăşeneşti, au studiat la şcoli superioare europene: Viena şi Wittenberg (începînd încă din secolul al XV-lea),

Padova (începînd din secolul al XVI-lea), Constantinopol (Fanar), Lvov, Kiev, Erlangen, Göttingen, Basel, Buda etc.

La Constantinopol au studiat N. Milescu și D. Cantemir (acest centru de cultură va influența chiar și în secolul al XIX-lea începuturile științei românești contemporane, îndeosebi ale medicinii); la Padova — Blandratta și Constantin Cantacuzino, la Basel — Fr. Papai; la Montpellier — Iacob Despot; la Leiden (Leyda) — Kölseri; la Utrecht — I. Mátyus etc.

După cum am mai subliniat, unii dintre erudiții plecați de pe teritoriul României de azi s-au ilustrat în străinătate: Nicolaus Olahus (1493-1568) — în Ungaria; Nicolae Milescu și Dimitrie Cantemir — în Rusia; medicul Th. Jordanus (1539-1589) — în Boemia; Hedwig — la Leipzig.

Numeroși străini s-au stabilit, temporar sau definitiv, în țările noastre, locul lor de plecare fiind Bizanțul, Europa occidentală și centrală, Polonia etc. Printre aceștia amintim pe Martin Opitz, stabilit la Alba Iulia (1622), pe Paisie Ligardis din Constantinopol, stabilit la Tîrgoviște, (1646), pe Toceatki — rectorul Școlii din Kiev, adus de Vasile Lupu la Iași (propagator al neoaristotelismului), pe Sevastos Kymenitis, venit tot din capitala otomană, după ce studiase la Padova (București, după 1680), pe medicul Cacavella, dascăl al lui D. Cantemir etc.

La sfîrșitul secolului al XVIII-lea se găseau, la Iași, profesori particulari francezi.

Dezvoltarea învățămîntului este premisa dezvoltării științei; recepționarea progreselor științifice internaționale presupune existența unui învățămînt de nivel superior sau aproape superior (colegii, academii, universități). În Transilvania funcționează un colegiu iezuit la Cluj (1581-1605), un colegiu reformat (calvin, „bethlenian") la Alba Iulia (1622-1658) și altul similar la Orăștie, o universitate catolică la Cluj (1698-1773) și o școală înaltă la Oradea (din 1780), o academie teologică la Blaj (1754) etc.

În Moldova, Despot Vodă întemeiază (cu ajutorul lui Sommenes și Peucer) o școală la Cotnari (1562-1563), mai curînd de nivel gimnazial. Vasile Lupu inaugurează — cu sprijinul pedagogilor și al erudiților din Kiev — un colegiu la Iași (1640). Capitala Moldovei va avea o „academie domnească" începînd din 1714, care va dobîndi un nivel universitar în jurul anilor 1760.

În Țara Românească, unui colegiu la Tîrgoviște (1646) îi urmează o școală domnească la București (1679), cu limba de predare greacă.

În urma reformelor de pe timpul lui Grigore Alexandru Ghica (1766) și N. Mavrocordat se vor preda la academiile domnești și „epistimii" (aritmetică, algebră, trigonometrie, balistică, astronomie) și se va face loc limbilor latină, italiană, franceză.

La București se va dezvolta Academia Sf. Sava, în care Gheorghe Lazăr va introduce (1818) limba română. Dacă pentru științe umanistice limba română era folosită sporadic încă de la sfîrșitul secolului al XVIII-lea, abia Gh. Asachi se va putea lăuda că este cel dintîi care „a paradosit în public românește matematica", o matematică însă de nivel mediu (matematică necesară inginerului hotarnic).

Circulația de carte occidentală în țările noastre este greu de apreciat, dar biblioteci importante se leagă de orașe ca Sibiu, Brașov, Alba Iulia, Tîrgu Mureș sau de numele unor erudiți ca Despot Vodă, Stolnicul Constantin Cantacuzino, membrii familiei Mavrocordat, I. Mátyus. Aceste biblioteci conțin principalele opere de valoare internațională.

Autori de pe aceste meleaguri au contribuit la instruirea și la informarea științifică a Europei. *Rudimenta Cosmographiae*, scrisă în versuri de I. Honterus, a apărut la Cracovia în 1530, la Brașov în 1532, la Zürich în 1546, cunoscînd în secolul al XVI-lea cel puțin 26 de ediții. Numeroase alte opere de informare editate de cărturarii de la noi și folosite peste hotare sînt citate în alte aliniate ale textului de față.

Unele documente ne permit să stabilim că circulația ideilor noi din știință și filozofie includea și spiritele luminate din Transilvania, Moldova și Muntenia. Încă în 1570, găsim (într-o scriere a Diaconului Oprea) formulată teza după care „știința este putere". Încă înainte de răspîndirea largă a tezelor heliocentrice, ele erau cunoscute de umaniștii transilvăneni contemporani cu Copernic. Nicolaus Olahus a fost prieten cu Erasm, care l-a influențat și pe Toma Pellei. Sommer a fost influențat de Melanchton. Paracelsus are ecouri în scrierile lui P. Meliusz, iar van Helmont, în opera lui D. Cantemir.

Bacon este folosit de Bisterfeld, iar „cartezieni" sînt Mihail Halici, Apaczai Csere Janos (1625-1659), autor al unei *Enciclopedii maghiare*, Utrecht (1655), F. Papai-Pariz și Paksi. Apaczai este sub influența lui Regius (1598-1679), medicul cartezian binecunoscut; eruditul maghiar popularizează și ideile lui Harvey privitoare la circulația sîngelui. F. Papai-Pariz este un gînditor de renume fiind supranumit ulterior „Hipocrat al Transilvaniei". Antioh Cantemir, fiul lui D. Cantemir, avea relații de amiciție cu Maupertuis, Euler, D. Bernoulli și coresponda cu Voltaire. Este posibil ca J. Kramer să fi fost elevul lui Linné. În orice caz, la sfîrșitul secolului al XVIII-lea, botanica se preda după modelul *Filozofiei botanice* a acestuia. Lucrările de chimie de la sfîrșitul aceluiași veac sînt influențate de ideile lui Lavoisier. În *Dieteticile* lui I. Mátyus (1762, 1787) se folosesc din plin ideile lui J. Locke și J.J. Rousseau.

Este de menționat și faptul că I.H. Alsted, umanist german care a predat în Transilvania, a fost unul dintre profesorii celebrului pedagog Komensky (Comenius).

Spiritul conservator s-a manifestat mai curînd în Principate, în academiile grecești din București și Iași, unde la sfîrșitul secolului al XVII-lea se învăța după manualele lui T. Corydaliu (1563-1646). Acesta combătea heliocentrismul în numele învățăturii lui Aristotel.

Este interesant de menționat și faptul că, încă din secolul al XVI-lea, printre preocupările didactice și de popularizare ale umaniștilor (și, mai tîrziu, ale iluminiștilor) se găsesc și cele de *matematică*. Matematica este predată, la nivel elementar, pentru necesitățile vieții curente; la nivel mediu, pentru a înțelege calendaristica, cosmografia și fizica; abia spre sfîrșitul secolului al XVIII-lea se preconizează un învățămînt matematic cu finalizare aplicativă, inginerească, mai întîi pentru hotărnicii (*Geometria practică*, Depasta Peloponezianul, Iași, 1792), învățămînt care avea să fie realizat în limba română de către Gh. Asachi la Iași (1814) și de către Gh. Lazăr la București (1818). Marele umanist Johannes Grass Honterus (1498-1549) a fost și matematician. Nicolae Milescu a redactat, în limba rusă (1672), un *Aritmologion*, care este prima lucrare de acest gen scrisă în imperiul țarist. Studii de matematică (Elementele lui Euclid etc.) a făcut și Stolnicul Constantin Cantacuzino.

D. Cantemir avea vaste cunoștințe matematice și geodezice pe care le-a folosit în cartografie; fiul său, Antioh Cantemir (1709-1744), a tradus în rusă din operele lui Newton și a scris, în aceeași limbă, o *algebră*. Medicul Teodorachi (Teodorati) era celebru la sfîrșitul secolului al XVIII-lea atît pentru priceperea sa clinică, cît și pentru

cultura sa matematică. Gh. Şincai, deşi s-a consacrat mai ales studiilor istorice, a redactat (1785) o *Îndreptare către aritmetică*. Prima carte românească de aritmetică, tipărită, cu cunoştinţe de geometrie, se datoreşte eclesiastului Amfilochie Hotiniul (1795). Costache Conachi (1777-1849), precursor al poeziei noastre culte, a fost inginer hotarnic şi astronom amator. Arhiepiscopul Nichifor Theotochi, medic prin formaţie(1731-1802), care a predat la Iaşi, a publicat la Moscova, în trei volume (1798-1799), *Elemente de matematică în limba greacă*. În aceeaşi limbă au publicat, peste hotare, manuale de circulaţie europeană şi alţi învăţaţi care au predat în ţările noastre, de la I.H. Alsted (Herborn, 1613) pînă la D.P. Govdelas (Magdeburg 1818).

Printre profesorii de matematică de limbă greacă de la Academia din Bucureşti îl întîlnim şi pe Constantin Vardallah, doctor în medicină, autor al unei *Fizici experimentale* (Buda, 1812).

După cum a stabilit prof. Gh.Şt. Andone, prima carte de aritmetică tipărită pe teritoriul ţării noastre se datoreşte lui G. Heltai fiul (*Magyararithmetica*, Cluj, 1591), în timp ce o aritmetică bilingvă cu o parte românească se tipăreşte la Viena abia în 1777 (J.v. Felbiger). Prima trigonometrie tipărită este scrisă în latină (N. Ianosi, Cluj, 1737), iar prima carte *originală* de matematică (originală prin prezentarea materialelor) apare în 1755 (Hell sau Höll).

Primele *societăţi ştiinţifice* se înfiripă la sfîrşitul secolului al XVIII-lea în Transilvania. La Sibiu, o societate culturală a saşilor reuşeşte să editeze o revistă începînd din 1790. La Tg. Mureş, maghiarii înfiinţează o societate asemănătoare (1794). Tentativa lui I. Molnar-Piuariu de a întemeia o *Societate filosoficească* (enciclopedică) la Sibiu nu a avut succesul scontat; învăţatul român nu a putut obţine aprobarea pentru publicarea unei reviste.

Unii eruditi şi cărturari din ţările noastre au fost membri ai societăţilor savante ale epocii. Dimitrie Cantemir a fost membru al Academiei din Berlin. Membri ai altor academii străine au fost, între alţii, medicul Samuel Kölséri din Sibiu (1663-1732), care făcea parte din *Academia Imperialis Naturae Curiosorum*. Din aceeaşi academie germană făcea parte dr. Martin Lange (m. 1791). I. Mátyus a fost membru al Societăţii de botanică din Regensburg.

În încheierea acestui capitol dorim să trecem în revistă, pe scurt, principalele preocupări din ştiinţele naturii ale cărturarilor de pe teritoriul României în perioada prezentată în volumul de faţă.

Astronomia. În documentele din secolul al XVI-lea găsim menţionată existenţa unui observator astronomic la Oradea; aici se publică şi *tabulae* astronomice. Honterus a fost un foarte citit autor al unui manual de cosmografie (1530), cu unele idei heliocentriste. În secolul al XVIII-lea fizica şi astronomia galileo-newtoniene sînt larg răspîndite prin manuscrise şi cărţi. O carte de specialitate, *Initia Astronomica* a lui Hell, apare la Alba abia în 1798. În secolul al XVIII-lea s-au tradus lucrări de ale lui Fontenelle. D. Philippide îl va traduce pe Lalande abia în 1805.

Fizica a preocupat pe profesorii de nuanţă modernă încă din secolul al XVII-lea (Bisterfield) şi-i va preocupa mai cu seamă pe iluminişti. Un manual inspirat de realizările lui Newton apare la Aiud în 1736 (Istvan Töke), iar Samuil Micu a scris şi el despre *Legile firei*. O mecanică newtoniană în manuscris a rămas şi după Gh. Şincai (de prin

1809). Theotochi, care a predat la Iaşi, a publicat la Leipzig (1765) un manual de fizică în limba greacă.

Chimia. În Transilvania, unde extracţia şi prelucrarea minereurilor datează încă din timpuri preistorice, dezvoltarea chimiei şi a mineralogiei a avut condiţii mai favorabile decît în principatele de dincoace de Carpaţi. Menţionăm că oraşul Baia Mare — centru al unei regiuni bogate în metale neferoase — este recunoscut ca un „oraş minier" în anul 1517.

Salinele noastre erau renumite. Unii oameni de ştiinţă străini vizitează minele de la noi (printre aceştia se numără, cu probabilitate, Paracelsus şi, cu siguranţă, Spallanzani). Din secolele XVI-XVII datează primele documente privind extracţia petrolului. O *Auraria romano-dacica* apare în 1717 de sub pana medicului S. Kölseri (1663-1732). Spre sfîrşitul secolului al XVIII-lea apar mai multe manuale de chimie elaborate de autori ardeleni. Citäm o *Dissertatio medico-chimica* din 1773, datorită lui Lukas Wagner (1739-1788), şi *Elementa chymiae* din 1793, scrisă de André Etienne (1751-1797), naturalizat în Transilvania.

Geografia este una dintre ştiinţele concrete şi aplicative la care s-au adus contribuţii importante începînd din epoca Reformei. Honterus publică la Basel (1532) o hartă a Transilvaniei. O hartă a Ţării Româneşti o datorăm lui Constantin Cantacuzino (1700, 1718), iar cea dintîi hartă a Moldovei, lui D. Cantemir (1716). A sa *Descriptio Moldaviae* nu este, totuşi, cea dintîi operă de geografie şi etnografie scrisă de un român. N. Milescu l-a devansat cu cîteva decenii, descriind călătoria sa în China şi întemeind astfel etnografia şi biogeografia rusă. Menţionăm că o *De obşte geografie pe limba moldovenească* apare la Iaşi, în 1785, de sub pana clericului Amfilochie, ajuns mai tîrziu episcop. Este un manual. O geografie a *României*, care să introducă acest termen unitar pentru o ţară pe atunci împărţită, este opera lui D.D. Philippide (Leipzig, 1816). Chrysant Nottara, eclesiast, ajuns patriarh al Ierusalimului (m. 1731), a determinat cel dintîi coordonatele geografice ale oraşelor Bucureşti şi Tîrgovişte şi a publicat (Paris, 1716) un manual în limba greacă, bine apreciat la timpul său.

Dimitrie Cantemir poate fi privit şi ca un precursor al *geologiei* şi paleontologiei prin notaţiile sale referitoare la Carpaţii Orientali şi — mai tîrziu — prin observaţiile asupra Caucazului. Ultimele observaţii au fost valorificate de Bayer, membru al Academiei de la St. Petersburg.

Biologia. Nicolae Milescu, în cursul călătoriei sale în Siberia şi China (1675-1678), a făcut observaţii biogeografice, zoologice, botanice, hidrogeografice şi hidrobiologice. Lui Milescu i se atribuie un tratat despre animalele terestre şi marine.

Harta Munteniei publicată de stolnicul Constantin Cantacuzino (1700) are indicaţii asupra răspîndirii pădurilor şi, ca atare, poate fi considerată (Tr. Săvulescu) ca cea dintîi hartă geobotanică alcătuită de un român şi privind un ţinut românesc.

În *Descrierea Moldovei* a lui Dimitrie Cantemir (1716) se găsesc ample notaţii despre fauna şi flora Moldovei, inclusiv descrierea princeps a unei curioase mutaţii la porc (C. Motaş).

Indicaţii despre flora şi fauna ţărilor locuite de români se găsesc şi în operele mai multor naturalişti străini care au călătorit prin aceste ţinuturi în secolele XVII şi XVIII. Astfel, Luigi Ferdinando de Marsigli (1658-1730) a studiat fauna ihtiologică şi ornitologică din bazinul Dunării. Acest patrician din Bolognia, unul dintre fondatorii oceanografiei, fost general în armata austriacă, a călătorit în ţările noastre în 1679 şi a

publicat o voluminoasă *Descriere* a regiunii panonico-pontice (6 tomuri), apărută în 1726 în limba latină şi în 1744, în limba franceză. *Ictyographia*, care este cuprinsă în tomul III, conţine şi numiri populare româneşti ale speciilor citate.

Lazzaro Spallanzani (1729-1799) a făcut o „călătorie în Orient" (1785), probabil avînd şi o misiune diplomatică. El a trecut prin Bucureşti şi prin Transilvania, unde l-a cunoscut pe baronul Samuel Bruckenthal (1721-1803).

Domenico Sertini, cunoscut ca numismat, într-un jurnal de călătorie (1779-1780), *Curioso-scientifico-antiquario* (publicat în 1815), dă şi indicaţii botanice exacte (menţionînd 76 de specii autohtone).

Botanica a fost cultivată cu multă sîrguinţă de cărturari transilvăneni. Preotul Petru Meliusz (Horhi Juhasz) a lăsat un *Herbarium* pe la 1578. Preocupări de botanică se întîlnesc la medicul Fr. v. Monau (1650). Ioan Kájoni (1629-1687), eclesiast român, muzicolog şi folclorist, a redactat un *Magyar Herbarium*, rămas însă în manuscris. Medicul J.G.H. Kramer (m. 1742), care a profesat în Banat şi care are lucrări valoroase în medicina de război, pare să fi fost elevul lui Linné. La dezvoltarea şi la răspîndirea sistemului şi gîndirii lui Linné au contribuit şi Iozsef Csapó, şi dr. I. Mátyus. Dr.J. Hedwig (1730-1799), originar din Braşov, a profesat la Leipzig şi a sa *Theoria Generationis* (1784) era o carte clasică. Iosif Benkő (*Nomina vegetabilium*, 1783) foloseşte nomenclatura binară a lui Linné şi clasificarea artificială a acestuia; el indică 620 de denumiri de plante în limbile latină, maghiară şi română.

Printre medicii botanişti din secolul luminilor mai citäm pe M. Neustädter (1736-1806); *Consignatio*, 1795) şi pe M.G. Agnethler (1717-1752).

BIBLIOGRAFIE

GH.ŞT. ANDONE, *Istoria matematicii în România*, vol. I, Ed. Stiinţifică, Bucureşti, 1967.
D. TODERICIU, *De la alchimie la chimia modernă*, Ed. Ştiinţifică, Bucureşti, 1960, Col. S.R.S.C.
N. VĂTĂMANU, *De la începuturile medicinei româneşti*, Ed. Ştiinţifică, Bucureşti, 1966.
MAX SOLOMON, *Lumini în retortă*, Ed. Ştiinţifică, Bucureşti, 1962.
****Istoria gîndirii filozofice şi sociale din România*, Ed. Academiei, Bucureşti, 1965.
S. GHIŢĂ, în N. BOTNARIUC, *Din istoria biologiei generale*, Ed. Ştiinţifică, Bucureşti, 1961.
GH. BRĂTESCU, *Hipocratismul de-a lungul secolelor*, Ed. Ştiinţifică, Bucureşti, 1968.
*** *Din istoria medicinii româneşti şi universale*, Ed. Academiei, Bucureşti, 1962 (V.L. Bologa, ed.).
****Contribuţii la istoria medicinei în R.P.R.*, Ed. Medicală, Bucureşti, 1955, (V.L. Bologa, ed.).

BIBLIOGRAFIA PĂRȚII A TREIA (SECOLUL AL XVIII-LEA)

LUCRĂRI GENERALE

P. MURET și PH. SAGNAC, *La prépondérance anglaise*, în colecția „Popoare și civilizații", vol. XI, Paris, 1951.
PH. SAGNAC, *La fin de l'Ancien Régime et la Révolution américaine (1763—1789)*, în colecția „Popoare și civilizații", vol. XII, Paris, 1952.
G. LEFEBVRRE, *La Révolution française*, în colecția „Popoare și civilizații", ed. nouă, vol. XIII, Paris, 1963.
E. PRÉCLIN și V.L.TAPIÉ, *Le XVIIIe siècle*, în colecția „Clio", 2 vol., Paris, 1952—1953.
R. MOUSNIER și E. LABROUSSE, *Le XVIIIe siècle*, în *Histoire générale des civilisations*, ed. a 5-a, vol. II, Paris, 1967.
CH. MORAZÉ, *Les bourgeois conquérants*, Paris, 1967.
O. LINDSAY, *The Old Regime, 1713—1763*, în „The New Cambridge Modern History", Cambridge, 1957.
H. R. SMITH, *A History of Modern Culture*, vol. II, *1687—1776*, New York, 1934.
D. MORNET, *Les origines intellectuelles de la Révolution française*, ed. nouă, Paris, 1947.
IDEM, *La pensée française au XVIIIe siècle*, Paris, 1929.
P. HAZARD, *La pensée européenne au XVIIIe siècle*, Paris, 1946.
L. RÉAU, *L'Europe française au siècle des lumières*, Paris, 1938.
*** *L'Encyclopédie et le progrès des sciences et des techniques*, Paris, 1952.
G, BACHELARD, *La formation de la pensée scientifique*, Paris, 1938.
H. DUBY ET R. MANDROU, *Histoire de la civilisation française*, vol. II, Paris, 1958.
C.H. ALEXANDER, *The Leibniz-Clarke correspondence*, Manchester, 1956.
H. METZGER, *Attraction universelle et religion naturelle chez quelques commentateurs anglais de Newton*, Paris, 1938.

STUDII REFERITOARE LA ANSAMBLUL ȘTIINȚELOR

Lucrări citate de POGGENDORFF, SARTON și RUSSO, BOLL, CLAGETT, CROMBIE, DAUMAS, HALL, HANOTEAU, D'IRSAY, MAINDRON, MASON, PAPP și BABINIE (vol. VIII și IX), PLEDGE.
A. WOLF, *A History of Science, Technology and Philosophy in the XVIIIth Century*, ed. a 2-a, London, 1952.
*** *Die Berliner und die Petersburger Akademie der Wissenschaften im Briefwechsel Leonhard Eulers*, 2. vol., *Berlin*, 1959—1961.
R. TATON, ed., *L'enseignement et la diffusion des sciences en France au XVIIIe siècle*, Paris, 1964.

MATEMATICĂ

Lucrări citate de AMODEO, ARCHIBALD, BALL, BECKER ȘI HOFMANN, BOURBAKI, BOUTROUX, BOYER, BRAUNMÜHL, BRUNSCHVICG, CAJORI, CANTOR [vol. III (1668—1758), Leipzig, 1901; vol. IV (1759—1799), 1908], CHASLES, COOLIDGE, DEDRON și ITARD, DICKSON, GEYMONAT, HOFMANN, KÄSTNER, LORIA, MONTUCLA, SMITH, TODHUNTER, TROPFKE.
E. FUETER, *Geschichte der exakten Wissenschaften in der schweizischen Aufklärung (1680—1780)*, Aarau, 1941.
J.F.SCOTT, *A History of Mathematics*, London, 1958.
N. NIELSEN, *Géomètres français du XVIIIe siècle*, Paris, 1934.
IDEM, *Géomètres français sous la Révolution*, Paris, 1929.
J. B. DELAMBRE, *Rapport historique sur les progrès des Sciences mathématiques depuis 1789*, Paris, 1810.
F. CAJORI, *A History of the Conception of Limits and Fluxions in Great Britain from Newton to Woodhouse*, Chicago, 1931.

TH. MUIR, *The Theory of Determinants in the Historical Order...*, ed. a 2-a, vol. I, London, 1906.
G. LORIA, *Il passato e il presente della principali teorie geometriche*, ed. a 4-a Padova, 1931.
IDEM, *Perfecționări și evoluția conceptului coordonatelor* („Osiris", t. 8).
IDEM, *Storia della geometria descrittiva*, Milano, 1921.
R. BONOLA, *Non-euclidean Geometry*, Chicago, 1912.
J.L. COOLIDGE, *History of the Conic Sections and Quadric Surfaces*, Oxford, 1945.
D. J. STRUIK, *Outline of a History of Differential Geometry* („Isis", t. 19 și 20, 1933—1934).
*** *Der Briefwechsel von Johann Bernoulli*, vol. I, Basel, 1955.
H. AUCHTER, *Brook Taylor*, Würzburg, 1937.
C. TWEEDIE, *James Stirling*, Oxford, 1922.
IDEM, *The „Geometria organica" of Colin Maclaurin* (Proc. of. the Roy Soc. of Edinburgh, t. 36, 1916).
L. HANKS, *Buffon avant l'„Histoire naturelle"*, Paris, 1966.
L. G. PASQUIER, *Léonard Euler et ses amis*, Paris, 1927.
R. FUETER, *Leonard Euler*, Basel, 1948.
***Briefwechsel Euler-Goldbach, 1729—1764*, Berlin, 1965.
P. BRUNET, *La vie et l'oeuvre de Clairaut*, Paris, 1952.
R. TATON, *L'oeuvre scientifique de Monge*, Paris, 1951.
G, SARTON *Personalitatea lui Lagrange* („Amer. phil. Soc. Proc.", t. 88), 1944.
M. STECK, *J.H. Lambert, Schriften zur Perspektive*, Berlin, 1943.
G. GRANGER, *La mathématique sociale du marquis de Condorcet*, Paris, 1956.
Operele lui EULER (în curs de publicare începînd din 1912) ale lui LAGRANGE (14 vol. Paris, 1867—1892), ale lui LAPLACE (13 vol., Paris, 1878—1904), ale lui RUFFINI (3 vol., Palermo, 1915—1954).

MECANICĂ

În afară de lucrările citate mai înainte de DUGAS, DUHEM, JOUGUET MACH, TODHUNTER.

P.E.B. JOURDAIN, *The Principle of Least Action*, Chicago, 1913.
P. BRUNET, *Maupertuis*, 2 vol., Paris, 1929.
IDEM, *Étude historique sur le principe de moindre action*, Paris, 1938.
IDEM, *L'introduction des théories de Newton en France au XVIIIe siècle (avant 1738)*, Paris, 1931.
R. MARCOLONGO, *Il problema dei trei corpi da Newton (1686) ai nostri giorni*, Milano, 1919.
J. BERTRAND, *D'Alembert*, Paris, 1889.
L.L. WHYTE, ed., *Roger Joseph Boscovich...*, London, 1961.
A. GRIMSLEY, *Jean d'Alembert (1717—1738)*, Oxford, 1963.

ASTRONOMIE

Lucrările citate mai înainte de ABETTI, ANDRÉ și RAYET, BAILLY, BIGOURDAN, BOQUET, DANJON și COUDER, DELAMBRE, DOUBLET, HOUZEAU și LANCASTER, KING, LALANDE, MACPHERSON, REPSOLD, WOLF, ZINNER.

R. WOLF, *Handbuch der Astronomie, ihrer Geschichte und Litteratur*, 2 vol., München, 1891—1893.
I. TODHUNTER, *History of the Mathematical Theories of Attraction and the Figure of the Earth...* 2 vol., London, 1873.
F. TISSERAND, *Traité de mécanique céleste*, 4 vol., Paris, 1889—1896.
F. BRUNNOW, *Lehrbuch der sphärischen Astronomie*, ed. a 4-a, Leipzig, 1881.
F.R. HELMERT, *Die mathematischen und physikalischen Theorien der höheren Geodäsie*, 2 vol., Berlin, 1880—1884.
F. TISSERAND, *Încercări făcute pentru a determina paralaxa solară* („Ann. Obs. Paris. Mém.", t. 16, 1882).

C.A.F. PETERS, *Cercetări asupra paralaxei stelelor fixe* („Mém. Ac. Imp. sc. Saint-Petersburg"; sc. math. et phys., 5, 1848).
R. GRANT, *History of Physical Astronomy*, London, 1852.
E. GUYOT, *Histoire de la détermination des longitudes*, *La Chaux-de-Fonds*, 1955.
A. MARGUET, *Histoire de la longitude en mer au XVIIIe siècle*, Paris, 1935.
W.I. MILHAM, *Time and Time-Keepers*, New York, 1923.
H. ANDOYER, *L'oeuvre scientifique de Laplace*, Paris, 1922.
P. S. LAPLACE, *Précis de l'histoire de l'astronomie*, Paris, 1821.
LESUEUR, *La Condamine*, Paris, 1911.
J. MASCART, *Le chevalier de Borda*, Paris, 1919.
H. WOOLF, *The Transits of Venus, a Study of Eighteenth-Century Science*, Princeton, 1954.

FIZICĂ

Lucrările citate mai înainte de CAVERNI, CAJORI, DAUMAS, GERLAND și TRAUMÜLLER, HOPPE, LASSWITZ, MAGIE, POGGENDORFF, ROSENBERGER, USHER, VOLKRINGER.

P. MANTOUX, *La révolution industrielle en Angleterre au XVIIIe siècle*, Paris, 1906.
P. BRUNET, *Les physiciens hollandais et la méthode expérimentale en France au XVIIIe siècle*, Paris, 1926.
T.M.C. SHELBY, *French Inventions in the XVIIth Century*, Univ. of kentucky, 1952.
T.H. ASHTON, *La révolution industrielle, 1760—1830*, Paris, 1955.

OPTICĂ

Lucrările citate în bibliografia părții a doua.

CĂLDURĂ

E. WOHLWILL, *Zur Geschichte der Erfindung und Verbreitung des Thermometers* („Roggendorff's Annalen", t. 124, 1865, pp. 163—178).
F. BURCKHARDT, *Die Erfindung des Thermometers und seine Gestaltung im 17. Jahrhundert*, Basel, 1867.
IDEM, *Zur Geschichte des Thermometers, Berichtigungen und Ergänzungen*, Basel, 1902.
E. GERLAND, *Das Thermometer*, Berlin, 1885.
F. ROSENBERGER, *Die Geschichte der Physik*, Braunschweig, 1882—1900.
H.C. BOLTON, *Evolution of the Thermometer*, 1592—1743, Easton, Pa, 1900.
F. CAJORI, *A History of Physics...*, New York, 1914.
E. MACH, *Die Principien der Wärmelehre*, Leipzig, 1923.
D. MCKIE și N.H. DE V. HEATHCOTE, *The Discovery of Specific and Latent Heats*, London, 1935.
M.R. BARNETT, *The Development of Thermometer and the Temperature Concept* („Osiris", t. XII, 1956, pp. 269—341).
A. BIREMBAUT, *La contribution de Réaumur à la thermométrie* („Rev. Hist. Sci.", t. XI, 1958, pp. 302—329).
IDEM, *La vie et l'oeuvre de Réaumur*, Paris, 1962.
W.J. SPARROW, *Knight in the White Eagle. A Biography of Sir Benjamin Thompson...*, London, 1964.
W.E.K. MIDDLETON, *A History of the Thermometer*, Baltimore, 1966.
S.C. BROWN, *Benjamin Thompson, Count Rumford...*, Oxford, 1967.

ELECTRICITATE ȘI MAGNETISM

Lucrările citate mai înainte de BAUER, DAUJAT, GLIOZZI, HOPPE, MOTTELEY, PRIESTLEY, SARTIAUX și ALIAMAT, SIGAUD de LAFOND TURNER, WITTAKER.

H. CAVENDISH, *Scientifie Papers*, Cambridge, 1921.
*** *Collection de Mémoires relatifs à la Physique*, vol. I: *Mémoires de Coulomb*, Paris, 1884.
C. VAN DOREN, *Benjamin Franklin*, New York, 1938.
I. B. COHEN, *Benjamin Franklin's Experiments*, Cambridge, 1941.
IDEM, *Franklin and Newton*, Philadelphia, 1956.
C. WILSON, *Life of Henry Cavendish*, London, 1951.
D. ROLLER şi D.H.D. ROLLER, *The Development of the Concept of Electric Charge*, Cambridge, 1954.
J. TORLAIS, *L'abbé Nollet*, Paris, 1954.
A.J. BERRY, *Henry Cavendish*, London, 1960.

CHIMIE

Lucrările citate mai înainte de CROSLAND, DELACRE, DUVEEN, FERGUSON, FIERZ-DAVID, HOLMYARD, JAGNAUX, LEICESTER şi KLICKSTEIN, VON LIPPMANN, METZGER, OSTWALD, PARTINGTON.

M. BERTHELOT, *La révolution chimique, Lavoisier*, Paris, 1899.
E. GRIMAUX, *Lavoisier*, ed. a 3-a, Paris, 1899.
T.E. THORPE, *Priestley*, New York, 1906.
J.R. PARTINGTON, *The Composition of Water*, London, 1928.
H. METZGER *Newton, Stahl* şi *Boerhaave*, Paris, 1930.
J. R. PARTINGTON şi D. MCKIE, *Historical Studies on the Phlogiston Theory* („Annals of Science", t. 2—4, 1937—1939).
D. MCKIE, *Lavoisier*, New York, 1952.
IDEM, *La chimie au XVIIIe siècle avant Lavoisier*, Paris, 1958.
M. DAUMAS, *Lavoisier, théoricien et expérimentateur*, Paris, 1955.
D.I. DUVEEN şi H. KLICKSTEIN *A Bibliography of the Works of Antoine-Laurent Lavoisier*, London, 1954 (Supplement..., 1955).
H. GUERLAC, *Joseph Blank and Fixed Air* („Isis", t. 48, 1957).
IDEM, *Lavoisier...*, Ithaca, 1961.
A.J. BERRY, *Henry Cavendish*, London, 1960.
O. ZECKERT, *Carl Wilhelm Scheele*, Stuttgart, 1963.
F.W. GIBBS, *Joseph Priestley*, London, 1965.

BIOLOGIE

Lucrări citate mai înainte de CANGUILHEM, CAULLERY, CUVIER, GUYÉNOT, LOCY, MENDELSOHN, NORDENSKIÖLD, RÁDL, ROSTAND, SINGER.

L.C. MIALL, *The Early Naturalists*, London, 1912.
D. MORNET, *Les sciences de la vie au XVIIIe siècle*, Paris, 1931.
R. SAVIOZ, *La philosophie de Charles Bonnet*, Paris, 1948.
P. OSTOYA, *Les théories de l'évolution*, Paris, 1952.
J. ROSTAND, *Les origines de la biologie expérimentale et L'abbé Spallanzani*, Paris, 1951.
IDEM, *L'atonisme en biologie*, Paris, 1956.
L. SPALLANZANI, *Epistolario*, 5 vol., Florenţa, 1959—1964.
J. ROGER, *Les sciences de la vie dans la pansée française du XVIIIe siècle. La génération des animaux de Descartes à l'Encyclopédie*, Paris, 1963.
P.C.RITTERBUSH, *Overtures to Biology; the Speculations of Eighteenth Century Naturalists*, New Haven, 1964.

Menţionăm, în sfîrşit, *Corespondenţa* lui Haller în curs de editare sub îngrijirea lui E. HINTZSCHE.

FIZIOLOGIE ŞI ANATOMIE ANIMALĂ

Lucrările citate mai înainte de CANGUILHEM, CHOULANT, COLE, FOSTER, FULTON, ROTHSCHUH, SINGER.

H. BORUTTAU, *Geschichte der Physiologie*, în *Handbuch der Geschichte der Medizin*, de *Th. Puschmann*, editată de *Neuburger* și *Pagel*, vol. I, Iena, 1903.
J.F. FULTON, *Muscular Contraction and the Reflex Control of Movement*, Baltimore, 1926.
E. BASTHOLM, *The History of Muscle Physiology...*, Copenhaga, 1950.
VL. KRUTA, *Mel. Dr. Jiri Prochaska*, Praga, 1956.
CH. MC C. BROOKS și P. E. CRANFIELD, ed., *The Historical Development of Physiological Thought*, New York, 1959.
K. E. ROTHSCHUH, *Von Boerhaave bis Berger; die Entwicklung der Kontinentalen Physiologie im 18. und 19. Jahrhundert*, Stuttgart, 1964.

MEDICINĂ

Lucrări citate mai înainte de BARIÉTY și COURY, BORDEU, CASTIGLIONI, DARENBERG, DELAUNAY, DIEPGEN, GARRISON, GARRISON și MORTON, GUIART, GUITARD, HUARD și GRMEK, KREMERS și URDANG, LAIGNEL-LAVESTINE, LECÈNE, PORTAL, REUTTER DE ROSEMONT, SINGER și UNDERWOOD, SPRENGEL, SUDHOFF.

N.F.J. ELOY, *Dictionnaire historique de la médecine*, 4 vol., Mons, 1778.
P.J.G. CABANIS, *Coup d'oeil sur les révolutions et sur la réforme de la médecine*, Paris, 1804; reed. în 1956.
J. LORDAT, *Exposition de la doctrine médicale de P.-J. Barthez*, Paris, 1818.
P. DELAUNAY, *Le monde médical parisien au XVIIIe siècle*, Paris, 1906.
F.G.O. DREWITT, *The Life of Edward Jenner*, ed. a 2-a, London, 1931.
L.S. KING, *The Medical World of the 18th Century*, Chicago, 1958.
B. RAMAZZINI, *Epistolario*, Modena, 1964.

ZOOLOGIE

Lucrări citate mai înainte de ANKER, BOUBIER, CARUS, HALL, NISSEN, PETIT și THÉODORIDÈS, THÉODORIDÈS.

P. FLOURENS, *Histoire de travaux et des idées de Buffon*, Paris, 1844.
S.D'IRSAY, *Albrecht von Haller*, Leipzig, 1930.
J. TORLAIS, *Réaumur*, Paris, 1936; ed. a 2-a, 1961.
J.R. BAKER, *Abraham Trembley*, London, 1952.
R. HEIM, ed., *Buffon*, Paris, 1952.
J. PIVETEAU, *Buffon. Oeuvres philosophiques*, Paris, 1953.
W. H. VAN SETERS, *Pierre Lyonet...*, Haga, 1962.
COLECTIV, *La vie et l'oeuvre de Réaumur*, Paris, 1962.

BOTANICĂ

Lucrări citate mai înainte de ARBER, BLUNT, DAVY DE VIRVILLE, GREEN, JESSEN, MEYER, MÖBIUS, NISSEN, OLIVER, REED, SACHS.

S. HALES, *Vegetable Staticks*, London, 1927; reed. 1961 (trad. fr. de Buffon, 1735).
M. DAUDIN, *De Linné à Jussieu. Méthodes de la classification et idée de série en botanique et en zoologie*, Paris, 1926.
A.E. CLARK-KENNEDY, *Stephen Hales*, Cambridge, 1929.
H.F. ROBERTS, *Plant Hybridization before Mendel*, Princeton, 1929.
A. CHEVALIER, *Michel Adanson*, Paris, 1934.
B.H. SOULSBY, *A Catalogue of the Works of Linnaues...*, London, 1933.
C. ZIRKLE, *The Beginnings of Plant Hybridization*, Philadelphia, 1935.
K. HAGBERG, *Linné, le roi des fleurs*, Paris, 1944.
H. REED, *Jan Ingenhousz*, Waltham, 1949.
H.C. CAMERON, *Sir Joseph Banks*, London, 1952.
N. COURLIE, *The Prince of Botanists*, London, 1953.

N. SANDBERG şi W. HEIMANN, *A Catalogue of the Works of Linnaeus*, Stockholm, 1957.
*** *Linné, exposition au Muséum national d'Histoire naturelle*, Paris, 1957.
E. ŞI D.S. BERKELEY, *John Clayton, Pionner of American Botany*, Durham, 1963.
COLECTIV, *The Bicentennial of Michel Adanson's „Familles des Plantes"*, 2 vol., The Hunt Botanical Library, 1963—1964.
A.R. STEELE, *Flowers for the King*, Durham, 1964.
R.C. OLBY, *Origins of Mendelism*, London, 1966.
W.T. STEARN, *Botanical Latin*, London-Edinburgh , 1967.

ŞTIINŢELE PĂMÎNTULUI

Lucrări citate mai înainte de ADAMS, GEIKIE, VON GROTH, MATHER şi MASON, MEUSNIER şi VON ZITTEL.

L. AUFRÈRE, *Le relief et la sculpture de la Terre. Soulavie et son secret*, Paris, 1952.
DE LA MÉTHERIE, *Théorie de la Terre*, 5 vol., Paris, 1797. *Commémoration of the* 150th *Anniversary of the Death of James Hutton* („Proc. Roy. Soc. Edinburgh", t. 68, 1950).
A. LACROIX, CH. MAUGUIN, J. ORCEL, *René-Just Haüy, Centenaire* („Bull. Soc. fr. Minéralogie", t. 67, 1944).
J. ORCEL, *Essai sur le concept d'espèce et les classifications en minéralogie et pétrographie (ibidem*, t. 77, 1944).
R. HOOYKAAS, *Les débuts de la théorie cristallographique de R.J. Haüy...* („Rev. Hist. Sci.", t. 8, 1955).
DEM, *La naissance de la cristallographie en France au XVIII*^{e} *siècle*, Paris, 1953.

PARTEA A PATRA
ȘTIINȚELE ÎN AFARA EUROPEI

După primele trei părți ale acestei lucrări, consacrate studiului progresului științific în Europa occidentală între anii 1450 și 1800, trebuie să examinăm destinele științei în afara Europei. Politica de explorare, de expansiune și de colonizare dusă de cele mai de seamă națiuni ale Europei occidentale a adus cu sine o largă răspîndire a științei și a tehnicii în ambele sensuri, preludiu al edificării în cursul secolelor XIX și XX, și a unei științe practic universale. Cu toate acestea, unele exemple sînt suficient de caracteristice și de importante pentru ca studierea lor să fie justificată.

În timp ce în Extremul Orient o competiție bogată în episoade opune știința occidentală științei autohtone, în țările supuse influenței indiene, preponderența elementelor tradiționaliste duce la părăsirea oricărei cercetări originale și la menținerea unei științe sclerozate în conținutul și în tiparele ei medievale. În diferitele regiuni ale Americii, colonizarea europeană, după ce a distrus cu sălbăticie civilizațiile precolumbiene, trece la explorarea și exploatarea imenselor bogății naturale inedite, introducînd încetul cu încetul instituții culturale noi, care vor permite Lumii Noi să ia parte la viața științifică activă.

De altfel, studiul nostru se va limita la aceste trei regiuni importante. Deși demnă de interes, activitatea științifică a popoarelor musulmane a fost incomparabil mai puțin strălucită decît în cursul perioadei medievale; contribuția ei la știința modernă apare ceva mai tîrziu, motiv pentru care nu va fi studiată decît în volumul următor.

CAPITOLUL I

Ştiinţele în Extremul Orient, din secolul al XVI-lea pînă în secolul al XVIII-lea

Pînă la sfîrşitul secolului al XVI-lea, în ciuda contactelor — mai numeroase decît ne-am fi putut închipui — cu celelalte culturi ale lumii vechi, ştiinţa chineză păstrase toate caracteristicile originale ale culturii chineze. Începînd însă din anul 1583, data sosirii în China a astronomului şi matematicianului iezuit Matteo Ricci, în China şi apoi în Japonia încep să pătrundă cunoştinţele ştiinţifice moderne născute în Occident.

În felul acesta, în Extremul Orient, ca şi în India sau în lumea arabă, începe un proces de integrare în lumea ştiinţifică modernă. Acest proces, care se va întinde de-a lungul a mai bine de trei secole şi care nu se va încheia decît în zilele noastre, va conduce, în cele din urmă, la formarea unei culturi ştiinţifice mondiale unice, care va înlocui culturile ştiinţifice regionale, a căror coexistenţă caracterizase epocile precedente.

Modul în care s-a desfăşurat acest proces în China, faţă de cel din Japonia, a fost destul de diferit. De aceea, el va fi studiat separat în fiecare dintre aceste ţări.

A. CHINA

APORTUL IEZUIŢILOR ÎN CHINA ÎN SECOLELE XVII ŞI XVIII. Introducerea ştiinţei moderne în China va fi rezultatul metodei „convertirii prin elite", aleasă de misionarii iezuiţi de la sfîrşitul secolului al XVI-lea. Aceştia credeau pe atunci că este posibil să-şi demonstreze superioritatea lor intelectuală mai întîi în domenii laice şi să folosească apoi în scopuri religioase prestigiul astfel dobîndit.

Exemplul este dat de Matteo Ricci (1552—1610), stabilit mai întîi în China de Sud, apoi, începînd din anul 1601, la curtea împăraţilor Min (Ming) din Pekin, care se ocupa, în acelaşi timp, de traduceri de matematică, de lucrări de cartografie şi de lecţii de astronomie. Cărturarii convertiţi de el îl ajută să redacteze primele lucrări ştiinţifice moderne publicate în limba chineză.

El moare în 1610, dar succesorii săi rămîn în relaţii bune cu împăraţii Min (Ming) şi continuă să traducă şi să predea ştiinţele moderne aşa cum acestea erau practicate în Occident, în vremea lor.

După anul 1664, cînd dinastia manciuriană Ţin (Ts'ing) înlocuieşte dinastia Min, aceste relaţii bune se menţin, şi germanului Schall von Bell i se încredinţează direcţia Biroului imperial de astronomie *(K'in t'ien kien)*. În ciuda eforturilor astronomilor musulmani, a căror influenţă predomina pînă atunci la curte, colaboratorul său Verbiest preia, în anul 1669, direcţia biroului de astronomie, pe care confraţii săi o vor păstra pînă la sfîrşitul secolului al XVIII-lea[1]. La curtea marilor împăraţi manciurieni K'ang-hi (1662—1723) şi Kien-long (1736—1796), iezuiţi italieni, germani, polonezi, dar mai cu seamă francezi construiesc instrumente astronomice, întocmesc hărţi ale imperiului, publică noi traduceri. Părintele Fontaney îl îngrijeşte pe K'ang-hi cu chinină adusă din Franţa, iar părintele Gerbillon este chiar însărcinat să negocieze în numele împăratului tratatul de la Nercinsk cu Rusia (1689). În schimb, li se tolerează strădaniile de convertire la creştinism, care se pare însă că nu au fost atît de rodnice ca activitatea lor ştiinţifică. Dar dizolvarea „Companiei lui Iisus", la sfîrşitul secolului al XVIII-lea, ca şi măsurile restrictive pe care guvernul chinez începe atunci să le adopte cu privire la străini, pun capăt acestui rol de transmitere a ştiinţei pe care misionarii iezuiţi l-au jucat timp de două secole. Să întocmim un bilanţ sumar al acestei activităţi.

Se ştie că chinezii, păstrînd vechile lor reprezentări despre cerul nemărginit şi gol, care conţine puncte de lumină, elaboraseră în evul mediu o astronomie cantitativă de poziţie, încă de pe atunci foarte înaintată, bazată însă nu pe ecliptică, ci pe ecuatorul ceresc. Dimpotrivă, iezuiţii introduc în lecţiile şi în traducerile lor singurul sistem acceptat în Europa pe timpul lui Ricci, cel al lui Ptolemeu: sfere concentrice care poartă diferiţii aştri, ecliptica luată ca bază în calculele astronomice. Ei îi rămîn în continuare fideli cu toate progresele astronomiei europene din secolele XVII şi XVIII, pentru motive asupra cărora vom mai reveni. Cele o sută de capitole ale enciclopediei astronomice a lui Schall din anul 1645 continuă să se bazeze pe principiile lui Ptolemeu, la fel ca şi tratatul de astronomie în limba chineză al preoţilor Koegler şi Pereira din 1738.

Nu mai puţin importante au fost contribuţiile iezuiţilor în tehnica observaţiilor astronomice: metode mai precise pentru calculul eclipselor, construirea de telescoape (primul este introdus în anul 1618 de preotul Schreck sau Terrentius) şi de numeroase alte instrumente, întocmirea de planisfere cereşti ca cele ale lui Schall şi, mai tîrziu, cele ale lui Koegler, revizuirea calendarului chinez după un sistem mixt lunar-gregorian. Dar în unele cazuri, cum ar fi construirea sferelor armilare bazate pe ecliptică, aceste inovaţii ale iezuiţilor, departe de a reprezenta un real progres ştiinţific, aveau, în realitate, un carac-

[1] Principalii directori iezuiţi ai Biroului imperial de astronomie (este inexact să li se acorde titlul de „preşedinte", aşa cum fac unii istorici occidentali, înclinaţi să le exagereze rolul, titlu pe care nu l-au purtat niciodată) sînt: Verbiest (1669-1688), Grimaldi (1688-1712), Koegler (1720-1746), de Hallerstein (1746-1774), d'Almeida (1783-1805). — *N.A.*

ter retrograd în raport cu astronomia ecuatorială practicată de multă vreme de chinezi[2].

În matematică, iezuiții au publicat un număr la fel de important de traduceri și de compilații în limba chineză. Ricci însuși redactează în 1607, în colaborare cu învățatul creștin Li Tche-tsao, un mic tratat asupra triunghiului dreptunghic *(Keou kou-yi)*; în același an, cu ajutorul lui Paul Siu Kuang-k'i, el traduce primele șase cărți ale lui Euclid, relative în geometrie plană *(Ki-ho yuan pen)*. Preotul Rho publică în anul 1628 un tratat de analiză neperiană, pe care Smogolenski și Sie Fong-tsu îl completează în 1654 cu noi tabele de logaritmi. Terrentius publică în anul 1631 o trigonometrie. În secolul al XVIII-lea, cel mai bun matematician iezuit este Jartoux, care elaborează, în anul 1701, nouă formule remarcabile asupra seriilor infinite.

În celelalte ramuri ale științei, iezuiții au fost tot atît de activi în a introduce în China noile cunoștințe ale Renașterii occidentale. Terrentius redactează în anul 1625 un *Mic tratat despre corpul omenesc*, iar Parrenin publică, la începutul secolului al XVIII-lea, planșele din *Anatomia manciuriană*, inspirîndu-se din gravurile lucrării *L'anatomie de l'homme suivant la circulation du sang*, editate la Paris în anul 1690 de Dionis. Misionarii instalaseră în palatul lui K'ang-hi un laborator de farmacie, în care lucrau călăuzindu-se după manualul de farmacopee al francezului Moyse Charas (1619—1698).

Ei traduc sau compilează și tratate despre perspectivă (în anul 1626), despre cutremurele de pămînt (în 1626 și 1679), despre termometru (în 1671), despre lumină și sunete (în 1682), despre mecanica hidraulică (în 1612) și despre alte mașini (în 1617); astfel, în China este introdus șurubul lui Arhimede, necunoscut pînă atunci. Pentru a-l distra pe K'ang-hi, misionarii de la curte construiesc o privighetoare mecanică, care putea să cînte datorită jeturilor de vapori ce treceau prin tuburi de orgă, un cărucior și un mic vaporaș puse în mișcare prin turbine cu vapori (realizate încă din anul 1671 de preotul Grimaldi) și orologii cu multe dispozitive automate.

Din motive politice, K'ang-hi și Kien-long acordau un interes deosebit cunoștințelor geografice ale misionarilor. Un grup de cartografi iezuiți au parcurs Tartaria, împreună cu K'ang-hi, și între anii 1708 și 1717 se realizează releveul prin triangulație al întregii Chine; părintele Thomas măsoară în 1702 în China lungimea gradului de longitudine terestră, iar în 1718 este publicată o hartă cu 35 de file gravate pe lemn. Sub domnia lui Kien-long, în anul 1769, șase cartografi iezuiți întocmesc o mare hartă chineză a Asiei Centrale, formată din 104 file, hartă care rămîne pînă în secolul al XIX-lea mult superioară lucrărilor europene similare.

[2] Divergența care, în primii ani ai dinastiei manciuriene, i-au opus pe Schall și Verbiest astronomilor musulmani din Pekin se iscase tocmai din acest motiv: iezuiții reproșau musulmanilor greșelile comise în calendar, dar calculele acestora, bazate pe date ecuatoriale, erau în mod necesar diferite de ale lor, bazate pe ecliptică. Numai din motive pur politice, tînărul împărat K'ang-hi, nerăbdător de a scutura tutela regenților săi, și sperînd să discrediteze pe astronomii oficiali de la curte care îi susțineau pe aceștia, dădu dreptate iezuiților în anul 1669, în ciuda caracterului intrinsec defectuos al vederilor științifice ale acestora din urmă. — *N.A.*

LIMITELE ACESTUI APORT. Dacă acest aport ştiinţific al iezuiţilor frapează prin amploare, el se caracterizează totuşi, în primul rînd, prin prioritatea preocupărilor religioase ale autorilor lui; misionarii nu introduc ştiinţa modernă din Occident decît în speranţa că prin aceasta pot converti mai uşor pe diriguitorii imperiului. Pentru ei, valoarea cunoştinţelor ştiinţifice moderne rezidă în originile creştine ale acestora şi nu în superioritatea intrinsecă asupra ştiinţei chineze medievale. Echivoc fundamental! Schall denumeşte marea sa enciclopedie astronomică din anul 1645 *Si-yang sin-fa li-chou* (Tratat despre astronomie şi despre calendar după metodele noi din Occident); dar K'ang-hi, la reeditarea acestui text în anul 1669, doreşte ca acest titlu să fie schimbat cu acela de *Sin-fa souan-chou* (Tratat de matematică după noile metode) ;împăratul îşi manifesta în felul acesta dorinţa de a profita de cunoştinţele occidentalilor numai pentru că erau mai avansate *(sin)* decît cele ale chinezilor, şi nicidecum ca dovedind superioritatea generală a Occidentului (si)[3]. Misionarii continuau însă să identifice religia creştină cu ştiinţa „occidentală" şi tocmai de aceea ezitau să ţină pe chinezi la curent cu transformările ştiinţei moderne în Europa (transformări care au fost totuşi considerabile în decursul acestor două secole), de teamă să nu pună la îndoială, în acelaşi timp, însăşi doctrina lor religioasă.

Acesta este sensul profund al menţinerii îndîrjite a ptolemeismului: sistemul lui Galilei (de altfel, condamnat de biserică) apăruse ulterior lucrărilor în chineză ale lui Ricci şi de aceea risca să pună în discuţie întreg ansamblul învăţăturii acestuia, inclusiv în domeniul religios. Nu este oare un paradox remarcabil că, în timp ce în Europa Tycho Brahe abandonează sfera armilară ecliptică în favoarea sferei armilare ecuatoriale, Ricci îi convinge pe chinezi să renunţe la aceasta, pe care o cunoşteau de secole, şi să revină la cea ecliptică! Această incapacitate a iezuiţilor de a ţine pasul cu mişcarea ştiinţifică din Occident avea să se manifeste în repetate rînduri; astfel, în anul 1710, părintele Fouquet propune îmbunătăţirea metodelor de calcul folosite la Pekin, introducînd noile tabele ale lui La Hire, din Paris. Dar părintele Visiteur se opune, „pentru a nu avea aerul că se blamează ceea ce înaintaşii noştri au stabilit cu atîta greutate şi pentru a nu da apă la moară noilor acuzaţii împotriva religiei"[4]. Este imposibil de a nu recunoaşte acest caracter parţial imobil, fosilizat, al aportului ştiinţific iezuit în China[5].

Am văzut, de altfel, că iezuiţii îi „ţineau la zi" pe chinezi mai ales în domeniul ştiinţelor aplicate: lucrări de triangulaţie din secolul al XVIII-lea, chinina, căruciorul cu vapori al lui Grimaldi, tabele de anatomie.

[3] Într-o scrisoare din noembrie 1640 Schall scria: „Cuvîntul *si* (occidental) este foarte nepopular (la chinezi) şi împăratul, în decretele sale, nu întrebuinţează niciodată un alt cuvînt decît *sin* (nou): de fapt, primul termen nu este folosit decît de cei care doresc să ne discrediteze" (citat de H. BERNARD-MAÎTRE, *Monumenta Serica* 1937, *3*). — *N.A.*

[4] Citat de L. PFISTER, *Notices biographiques et bibliographiques sur les Jésuites de l'ancienne Mission de Chine*, Şanhai, 1932, p. 551.

[5] Acest punct de vedere este şi cel al lui J.J.L. DUYVENDAK (*T'oung Pao*, 1948, p. 328): „China, cînd a primit ştiinţa occidentală, a primit-o sub o formă care, în principiu, era deja învechită *(antiquated)*". — *N.A.*

Tactica penetrației religioase aleasă de iezuiți tindea, pe de altă parte, să restrîngă zona lor de activitate științifică la curtea imperială. Ceea ce voiau ei era să întrețină interesul împăratului (K'ang-hi era,de altfel, o minte remarcabil de dotată) și să-l distreze prin experiențe și mașini amuzante, să-l îndatoreze prin vindecări spectaculoase, să-l ajute la buna funcționare a aparatului de stat, întocmind hărți mai bune sau perfecționînd calendarul. Dar toate acestea erau strict localizate la Pekin, la „orașul interzis", printre mandarini și eunuci.

Aceasta însemna departe de regiunea Yangtzeului [Ianțzî] de Jos (Chekiang [Cijețzian], Anhuei [Anhwei], Kiangsu [Țziansu]) sau de regiunea Kuangtung [Guandun], unde evoluția economică era cea mai avansată din China și unde exista deja un embrion de producție capitalistă ;aceasta însemna deci departe de acele pături ale societății chineze în care roadele științei moderne ar fi putut să încolțească cel mai bine. Trebuie să remarcăm, de altfel, că, înainte de a ajunge la curtea imperială, Ricci și-a ales la un moment dat drept centru al activității sale tocmai aceste regiuni; el și-a construit prima planisferă pe vremea cînd se afla printre negustorii din Tchao-ts'ing Fou, în apropiere de Canton; apoi a fost profesor la Nanchang și la Nankin, în regiunea Yangtzeului de Jos: „negustorii, povestește el în scrisori, veneau la el în număr mare", la fel ca și cărturarii acestor provincii mai active; cei mai buni colaboratori chinezi ai săi au fost recrutați tocmai dintre aceștia, în particular Paul Siu Kuang-k'i, originar din împrejurimile Șanhaiului. Dar el a părăsit, curînd, în favoarea Pekinului, aceste regiuni unde ar fi putut să existe o bază socială mai favorabilă răspîndirii științei moderne; urmașii săi l-au imitat, și căruciorul cu vapori, construit în anul 1671 de Grimaldi nu a fost prezentat decît curiozității trîndave a curtenilor. Prin însuși caracterul lor, aceste contribuții ale iezuiților nu puteau fi deci sortite decît unei slabe răspîndiri.

RĂSPÎNDIREA CONTRIBUȚIILOR ȘTIINȚIFICE ALE IEZUIȚILOR ÎN CHINA. Oare pînă la ce punct savanții chinezi și-au însușit realmente cunoștințele științifice ale Occidentului aduse de iezuiți? În ce măsură le-au încorporat în lucrările lor, în practica lor științifică? Neavînd lucrări la dispoziție, este mult mai greu de răspuns la această întrebare decît de întocmit un catalog cu înseși contribuțiile iezuiților; trebuie să ne mulțumim numai să spicuim cîteva indicații fragmentare.

La Pekin, astronomii chinezi de la *K'in t'ien kien* și-au însușit, fără îndoială, metodele colegilor lor din Occident: astfel, am văzut că prima lucrare pur chineză care folosește logaritmii neperieni i se datorează lui Sie Fong-tsu, elevul iezuitului Smogolenski; este vorba de un tratat de calcul al eclipselor, publicat în anul 1650. Ei știau să folosească instrumentele noi aduse din Europa și, în anul 1757, la Pekin apare un catalog chinez care cuprindea 3 083 de stele fixe, rodul colaborării călugărilor Koegler și la Rocha cu Lieu Song-ling. Unii astronomi chinezi au întreprins chiar cercetări originale pe baza datelor aduse de iezuiți. Încă din anul 1640, Wang Si-tch'an publică sub titlul Wousing hing t'ou-kiai (Analiza mișcărilor celor cinci planete) o critică a sistemului ptolemeic, căruia îi preferă un sistem apropiat de cel al lui Tycho Brahe (cu planetele rotindu-se în jurul Pămîntului și cu Pămîntul rotindu-se în jurul

Soarelui) fără însă să fi cunoscut, se pare, lucrările acestuia. Acelaşi sistem este reluat de Ch'eng Pai-eul, în secolul al XVIII-lea.

Aşadar, savanţii chinezi nu s-au raliat, pur şi simplu, astronomiei profesorilor lor iezuiţi. În marea enciclopedie compilată sub domnia lui K'ang-hi de către învăţatul Tchen-Meng-lei, *Ku-kin t'u-chu tsi-tch'eng* (colecţie de cărţi şi de reprezentări vechi şi moderne), este retipărită *Sin-fa-li-chu* a lui Schall şi Verbiest, precum şi cataloage de stele în conformitate cu vechea cosmologie chineză, liste vechi de eclipse şi de comete, o istorie a vechilor instrumente astronomice chineze.

Aportul Occidentului şi tradiţiile chineze au coexistat şi în alte domenii. Paul Siu Kuang-k'i, învăţatul creştin prieten cu Ricci, redactase un tratat de agronomie *(Nong tcheng Ts'iuan-chu)* publicat în 1639 şi reeditat în 1742 şi în 1843; în această lucrare el s-a inspirat din vechile manuale chineze de agricultură, dar n-a neglijat nici studiul iezuitului de Ursis despre maşinile hidraulice din Occident. De asemenea, sînt cunoscuţi pictori chinezi din secolul al XVII-lea, cum ar fi Tsiao-Ping-tchen, care au încercat să picteze după regulile perspectivei occidentale introduse de iezuiţi, în timp ce marea majoritate a pictorilor rămîneau credincioşi perspectivei chineze tradiţionale.

Dar cît de incompletă a fost fuziunea dintre ştiinţa modernă şi ştiinţa chineză tradiţională, aceasta se poate vedea mai cu seamă în domeniul matematicii. Marea enciclopedie ştiinţifică, publicată în 1723, din ordinul lui K'ang-hi însuşi, *Liu-li yuan-yuan* (Oceanul calculelor calendarului), întocmită de învăţaţii Ho Kuo-tsong şi Mei Kutch'eng, precum şi de numeroşii lor colaboratori, acordă, desigur, lucrărilor moderne, locul cel mai important; partea a doua este consacrată progresiilor, operaţiilor aritmetice, rădăcinilor pătrate, calculelor trigonometrice, logaritmilor, toate expuse în maniera europeană; iar partea a treia, consacrată teoriei muzicii şi instrumentelor muzicale chineze şi occidentale, este, pur şi simplu, opera călugărilor Pereira (iezuit) şi Pedrini (lazarist).

Plecînd de la aceste elemente occidentale, mai mulţi matematicieni chinezi întreprind, în continuare, cercetări originale. Marele filozof Tai Tchen (1724—1777) publică un tratat despre maşinile cu elice, inspirat din studiul şurubului lui Arhimede; el a mai redactat, încă de la vîrsta de douăzeci de ani, un tratat despre bastonaşele de calcul neperiene. Manciurianul Minggantu, care, în secolul al XVIII-lea, era preşedintele biroului de astronomie, plecînd de la formulele lui Jartoux referitoare la seriile infinite elaborează o „Metodă rapidă pentru determinarea suprafeţei segmentelor" (K'o-yuan mi-chouai tsie-fa); de exemplu, pentru calculul coardei unui anumit arc infinitezimal, el propune formula:

$$a = c + \frac{1}{3\cdot 4}c^3 + \frac{9}{5\cdot 4^2}c^5 + \frac{228}{7\cdot 4^3}c^7 \ldots$$

Tot astfel, Tong Yeu-tch'eng (1791—1823), folosind şi el formulele lui Jartoux, calculează perimetrul elipsei:

$$\frac{1}{2}\text{ perimetru} = \sqrt{(a^2 - b^2) + [(1/2)b\pi]^2},$$

unde a este axa mare, iar b axa mică.

RENAȘTEREA ȘTIINȚEI TRADIȚIONALE. Dar, printr-un ciudat fenomen de reacție, această introducere în China a matematicii occidentale avea să ducă, în același timp, la o renaștere a vechii matematici chineze.

În adevăr, după epoca mongolă, învățații chinezi dăduseră uitării opera marilor matematicieni din epocile Han, T'ang și mai cu seamă Song, care reușiseră totuși încă de pe atunci să obțină o valoare destul de exactă a lui π, să elaboreze o teorie a numerelor negative, să studieze triunghiul aritmetic, să elaboreze o algebră originală deja perfecționată, *t'ien-yuan*.

În secolul al XVII-lea, învățatul Mei Wen-ting (1635—1721), studiind cu atenție lucrările iezuite de matematică, are îndoieli în ceea ce privește inovațiile reale aduse de acestea; el este condus în felul acesta să reia textele date uitării ale matematicienilor Song, de exemplu cele referitoare la algebră. Manuscrisele sale inedite au fost reluate în secolul al XVIII-lea de nepotul său Mei Ku-tch'eng, unul dintre redactorii enciclopediei științifice a lui K'ang-hi, și au fost publicate sub titlul *Tch'e-chuei yi-ling* (Perle regăsite în colierul roșu). După cei doi Mei, alți matematicieni au pus din nou la loc de cinste vechea matematică națională: în secolul al XVIII-lea Li Juei scrie un tratat despre rădăcinile reale și imaginare, bazat pe principiile din *t'ien-yuan*; K'ong Ki-han reeditează un tratat de aritmetică din epoca Han; Lo Che-lin regăsește și publică un vechi exemplar din *Sse yuan yu kien* (Oglindă de preț a celor patru elemente) — tratat de matematică din epoca mongolă.

În domenii cum sînt medicina și geografia, aportul iezuiților a exercitat o influență încă și mai slabă. În secolul al XVIII-lea, în timp ce Parrenin editează planșele din „Anatomia manciuriană", se continuă compilarea de enciclopedii medicale care nu fac loc decît acupuncturii, diagnosticului prin puls și altor tehnici tradiționale, cum este, de pildă *Kao-tsong yu-ting yi-tsong kin-kien* (Oglinda aurită a medicinii), apărută în 1749; în anul 1734, un decret de inspirație tradiționalistă obligă chiar pe medicii de la curte să facă sacrificiile rituale practicate de medicii de odinioară. În lucrările de geografie influența europeană este practic absentă. Apar numeroase tratate de hidrografie, cum este *Chuei-tao t'ikang* (Descriere completă a rîurilor și a digurilor) a lui Ts'i Chao-nan (în 1776), o lucrare fără echivalent în literatura occidentală a epocii, sau *Manualul istoric al lucrărilor de protecție a coastei Chekiangului* (în 1751); *Tratatul despre maree*, publicat în anul 1781 de Yu Se-k'ien, este o lucrare originală, care tratează teoria lunară a originii mareelor, dar care retipărește și vechile cărți cu privire la acest subiect, cum este lucrarea *Hai t'ao tche* a lui Teu Chu-mong (din secolul al XVIII-lea). În secolul al XVIII-lea se publică frecvent descrieri amănunțite ale ansamblului imperiului, cum este *Ta-ts'ing yi-tong-tche*, sau ale anumitor provincii sau districte după modelul vechilor lucrări geografice.

FACTORII INTERNI AI STAGNĂRII. Deși dovedește vitalitate datorită efectului simultan al renașterii vechii matematici naționale, precum și al contribuțiilor occidentale, știința chineză din secolele XVII și XVIII este încă departe de a realiza progrese spectaculoase ca acelea ale științei europene a epocii.

În China absolutistă şi birocratică a secolelor XVII şi XVIII filozofia oficială rămîne confucianismul. Mandarini şi învăţaţi sînt recrutaţi prin concursuri care nu pun bază decît pe cunoaşterea gîndirii chineze clasice şi nicidecum şi pe ştiinţe. Astfel se explică de ce matematicienii Song au putut fi daţi uitării timp de şase secole, pînă la cei doi Mei, în timp ce orice student cunoştea pe dinafară maximele bimilenare ale lui Confucius şi Mencius. În marea lor majoritate, aceşti învăţaţi confucianişti sînt pătrunşi de un dispreţ profund pentru cercetarea ştiinţifică şi pentru practica ştiinţifică, pentru aceste „activităţi intervenţioniste" (A.-G. Haudricourt) în lumea naturii. Feng Chen, fiul unui prim-ministru al împăratului Kien-long, el însuşi mare demnitar al imperiului, scrie la începutul secolului al XIX-lea un poem semnificativ, consacrat microscopului:

„Cu un microscop se poate vedea suprafaţa lucrurilor,
El le măreşte, dar nu le dezvăluie realitatea,
El face ca fiecare lucru să apară mai înalt şi mai întins,
Dar să nu credeţi că ceea ce vedeţi sînt lucrurile înseşi".

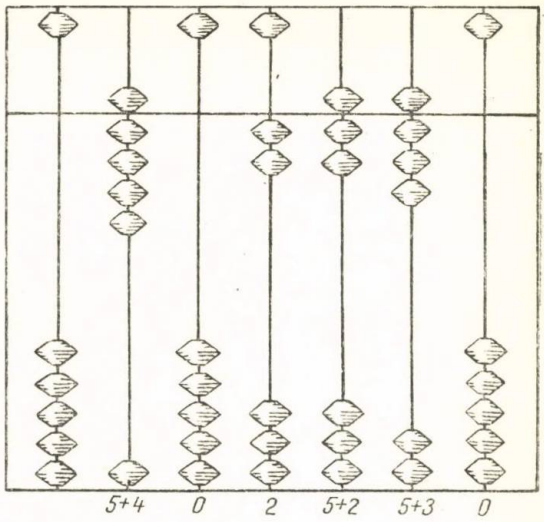
(Citat de H. BERNARD, din „Yenching Journal of Social Studies", august, 1941).

Acest ataşament faţă de filozofiile trecutului, precum şi interesul limitat pentru ştiinţă şi pentru posibilităţile acesteia se explică în parte prin slaba dezvoltare a economiei de mărfuri în China şi prin predominanţa producţiei agricole feudale bazate pe tehnici tradiţionale. Este caracteristic faptul că acei puţini învăţaţi care manifestau un interes real pentru ştiinţe (cum ar fi compilatorii enciclopediei ştiinţifice a lui K'ang-hi) erau, în marea lor majoritate, originari din provinciile răsăritene ale Chinei, despre a căror relativă deşteptare economică am mai vorbit. De pildă, geografii Ts'i Chao-nan din Chekiang şi Fang Kuan-tch'eng erau din Anhuei; filozoful şi matematicianul Tai Tchen, unul dintre rarele spirite originale ale gîndirii chineze din secolul al XVIII-lea, era fiul unui negustor din Anhuei; matematicienii Li Juei şi Tchang Tso-nan, restauratori ai vechii algebre *t'ien-yuan*, erau originari amîndoi din bogata metropolă negustorească Suceu (Siuicijou = Suchow) din Yangtzeul de Jos. Din Suceu era originar şi astronomul Feng Kuei-fen, care pe la anul 1850 a publicat tabele cu trecerile la meridian o a sută de stele, indicînd exact ascensia şi declinaţia acestora. La Yangceu [Yangchow], alt mare centru economic şi meşteşugăresc din această regiune, a reeditat Lo Che-lin, la începutul secolului al XIX-lea, lucrările matematicienilor epocii mongole. Cei doi Mei, bunicul şi nepotul, făceau şi ei parte dintr-o veche familie din Anhuei.

B. JAPONIA

ŞTIINŢA AUTOHTONĂ. În evul mediu, civilizaţia japoneză se dezvoltase — ca să spunem aşa — în umbra Chinei, împrumutînd de la aceasta scrierea ideografică, concepţiile politico-religioase (budismul, confucianismul), tehnicile de bază. De asemenea, ştiinţa japoneză — algebra *t'ien-yuan* (în japoneză

FIG. 40. NUMĂRUL 90278 PE *SOROBAN* (BILELE PLASATE LÎNGĂ PERETELE DESPĂRȚITOR INTERIOR)



tenzan), medicina, astronomia — n-a existat la început decît ca o provincie a științei chineze. Japonia începe să-și afirme din plin, în raport cu China, particularitățile sale naționale, începînd mai ales din secolul al XVII-lea, sub dinastia feudală Tokugawa (1603—1867) care îndeplinește un fel de funcție de majordomi pe lîngă un împărat *(mikado)* neputincios. În paralel, se va dezvolta o știință proprie japoneză, mai cu seamă în domeniul matematicii și al medicinii.

Primii matematicieni japonezi nu foloseau pentru calculele lor decît bastonașe de bambus *(sangi)*, împrumutate de la colegii lor chinezi. Abacul, utilizat în China de prin secolul al III-lea, nu este introdus în Japonia decît spre sfîrșitul secolului al XVI-lea, sub numele de *soroban* (de la chinezescul *suan-pan* — tablă de calcul); acest abac japonez are în medie 21 de tije, secționate de o despărțitură longitudinală, fiecare tijă avînd de o parte a despărțiturii 5 bile-unități, iar de cealaltă parte o bilă în valoare de 5 unități. Acest soroban (fig. 40) permite efectuarea tuturor operațiilor aritmetice, dar el se răspîndește mai mult printre negustori; matematicienii înclină să-l neglijeze și pentru lucrările lor teoretice continuă să prefere bastonașele de bambus.

În secolele XVII și XVIII, matematicienii japonezi au depășit, fără îndoială, pe confrații lor chinezi. Impulsul este dat de Seki Kōwa (Takakazu) (1642—1708), dintr-o familie de samurai; el a fost mai mult un animator decît un adevărat cercetător, dar școala întemeiată de el, ca și școlile rivale care apar după aceea sînt capabile să abordeze chestiunile cele mai variate.

Se ajunge la valori ale lui π deja foarte exacte. În 1639 Imamura Chisho presupunea doar 3,162. În schimb, Aida Ammei (1747—1817) stabilește seria:

$$\frac{\pi}{2} = 1 + \frac{1!}{3} + \frac{2!}{3 \cdot 5} + \frac{3!}{3 \cdot 5 \cdot 7} + \frac{4!}{3 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 9} + \ldots,$$

iar Sakabe Kōhan (1759—1824), alt samurai devenit *ronin*, adică cavaler rătăcitor, stabilește seria:

$$\frac{\pi}{4} = 1 - \frac{1}{5} - \frac{1 \cdot 4}{5 \cdot 7 \cdot 9} - \frac{(1 \cdot 3)\ (4 \cdot 6)}{5 \cdot 7 \cdot 9 \cdot 11 \cdot 13} - \frac{(1 \cdot 3 \cdot 5)\ (4 \cdot 6 \cdot 8)}{5 \cdot 7 \cdot 9 \cdot \ldots 15 \cdot 17} - \ldots$$

La începutul secolului al XIX-lea, în Japonia se cunoștea o valoare a lui π cu 26 de zecimale exacte.

Sub denumirea de *yenri* (sau enri: principiul cercului) este practicat un fel de calcul integral, a cărui inventare este atribuită poate pe nedrept lui Seki și care mai degrabă se datorește elevului său Takébé-Kenkō (Katahiro), și el samurai. *Yenri*-ul este considerabil îmbogățit în secolul al XVIII-lea de samuraiul Ajima Chokruyen, a cărui operă este perfecționată la rîndul ei de Wada Yasusi (1787—1840), un samurai din provincia Harima; acesta calculează, de exemplu, suprafața sferei, ca limită a diferenței dintre volumele a două sfere concentrice.

Este, de asemenea, abordat studiul ecuațiilor nedeterminate, de exemplu, de către Aida Ammei în legătură cu ecuația:

$$x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2 + x_5^2 = y^2.$$

Problemele cercurilor tangente înscrise într-un triunghi într-un cerc, sau într-un sector de cerc (așa-numitele „probleme de evantai") sînt de asemenea la modă. Ajima rezolvă, de exemplu, problema înscrierii a trei cercuri tangente într-un triunghi, a înscrierii a n cercuri în coroană, în interiorul unui cerc mare.

„Pătratele magice", de origine chineză, continuă să suscite un mare interes, ca și algebra *tenzan (endanzitu)*, cu ajutorul căreia Seki a anticipat noțiunea de determinant, precum și metoda numită „a lui Horner". În această Japonie feudală a dinastiei Tokugawa domnește deci un climat de cercetare activă; emulația științifică este favorizată, de exemplu, prin practica de expuneri în temple a unor probleme desenate pe abac și propuse spre dezlegare de către un matematician adversarilor săi — gest de sfidare cavalerească, care nu surprinde, deoarece vine din partea unor savanți care, în cea mai mare parte, sînt vechi samurai...

Și medicina japoneză a avut ca punct de plecare medicina chineză. Renașterea sub dinastia Tokugawa a filozofiei chineze neoconfucianiste Song antrenează o renaștere a medicinii Song. Numeroși medici japonezi continuă să-și bazeze lucrările pe teoria celor cinci elemente (lemnul, focul, pămîntul, metalul, apa), toate reprezentate în corpul omenesc pe teoria corespondenței dintre microcosmos și macrocosmos. Dar, ca o reacție apare școala Ko-i-Hō, care critică medicina Song și propune revenirea la medicina chineză protoconfucianistă; astfel Gotō Gonzan (1659—1733) atribuie bolile unei proaste circulații a „sufluluí vital". Aceste teorii învechite nu împiedică însă cu totul progresul medicinii practice: un elev al lui Gotō, atribuind izvoarelor termale calde un efect asupra *pneumei*, studiază proprietățile terapeutice ale acestora. În secolul al XVIII-lea Kagawa Genetsu publică un tratat de obstetrică, așa-numitul *Sanron*; el continuă să se bazeze pe teoriile vechi, dar în ceea ce privește dezvoltarea embrionului, îngrijirile din timpul nașterii și tratamentelor postnatale, el manifestă

un ascuţit simţ de observaţie; după cît se pare, tratatul său nu are nici un fel de influenţă occidentală.

PRIMELE CONTACTE CU ŞTIINŢA OCCIDENTALĂ. Problema acestei interferenţe se pune, într-adevăr, de îndată ce este vorba de a prezenta un bilanţ al ştiinţei autohtone japoneze din epoca modernă, deoarece, pe la sfîrşitul secolului al XVI-lea, Japonia, ca şi China, a intrat în legături cu ştiinţa europeană. Aceste legături se dezvoltă în cursul a trei faze total distincte: o perioadă iezuită şi portugheză (pînă în 1630), o perioadă olandeză clandestină (între 1630 şi 1720) şi o perioadă olandeză legală (între 1720 şi 1868).

Primii occidentali sosesc în Japonia la sfîrşitul secolului al XVI-lea; aceştia sînt iezuiţi portughezi, aşa-numiţii *Nambanjin* (Barbari ai Mărilor Sudului). Ei aplică în Japonia tactici asemănătoare celei a lui Ricci în China şi desfăşoară multiple activităţi ştiinţifice. Ei publică lucrări de astronomie şi introduc pe cele pe care le tipăresc în acelaşi timp la Pekin. Părintele Almeida deschide un spital de unde se răspîndeşte „chirurgia Barbarilor din Sud" *(Namban Ryū geka)*. Medici portughezi plantează, în apropiere de Kyoto 3 000 de arbori şi plante medicinale importate din Europa. Numeroase lucrări medicale sînt publicate de elevi japonezi ai medicilor misionari: 55 înainte de 1 600, dintre care zece tratate de chirurgie, opt de medicină a ochilor, cinci de ginecologie... Dar, din motive politice, guvernul japonez ia curînd măsuri împotriva propagandei religioase a misionarilor, care intraseră în legătură cu feudalii rebeli. Creştinismul este pus în afara legii. În Japonia, ştiinţa modernă va avea de suferit mai mult încă decît în China, din cauza identificării cu doctrina creştină. În 1630, majordomul *(shogun)* interzice toate lucrările de ştiinţă occidentală, calificîndu-le auxiliare ale propagandei iezuite. Lucrările existente sînt distruse şi este interzis importul altora noi. Astronomii cu tendinţe occidentale, ca Hayashi Kichiuyemon şi Kobayashi Kanesada, sînt condamnaţi la moarte în timpul revoltei creştine din 1637.

RANGAKU („ŞTIINŢA OLANDEZĂ") ÎN JAPONIA, DIN SECOLUL AL XVII-LEA PÎNĂ ÎN SECOLUL AL XIX-lea. De acum înainte, japonezii nu se mai puteau instrui în ştiinţele noi decît în mod clandestin, cu riscul unor urmări severe. În această a doua perioadă, rolul principal va fi jucat de negustorii olandezi, autorizaţi încă din 1641 de către *shogun* să stabilească o factorie în insula Deshima, în rada portului Nagasaki. Prezenţa lor oferă o dublă posibilitate de răspîndire a ştiinţei moderne: pe de o parte, interpreţii japonezi ai firmelor din Nagasaki, lipsiţi de pregătire ştiinţifică, dar în legătură permanentă cu tehnica superioară a olandezilor (medicină, navigaţie, diferite aparate), încep, curînd, să se intereseze de aceasta; pe de altă parte, în virtutea acordului dintre cîrmuirea japoneză şi olandezi, aceştia din urmă trebuiau să trimită în fiecare an o misiune în semn de omagiu pe lîngă *shogun*, la Yedo. Numeroşi astronomi şi matematicieni japonezi, din capitală, nu pierdeau această ocazie de a se întreţine cu olandezii, îndeosebi cu medicul ataşat pe lîngă factorie, care făcea parte în mod regulat din misiune.

În felul acesta, la sfîrşitul secolului al XVII-lea, în Japonia, pornind de la această dublă sursă şi în ciuda interdicţiilor guvernamentale, se dezvoltă un viu interes pentru ştiinţa modernă, numită *rangaku* sau „ştiinţa olandeză". Mişcarea aceasta devine destul de puternică pentru ca, în 1720, să-l determine pe *shogun*-ul Yoshimune să ridice interdicţia privind lucrările ştiinţifice occidentale, rămînînd încă proscrise lucrările politice şi religioase.

Medicul şi bibliotecarul Aoki Bunzo este numit „profesor de ştiinţă olandeză", şi se consacră mai întîi elaborării unui dicţionar ştiinţific olandez-japonez, pe care îl publică în anul 1761; urmîndu-i exemplul şi datorită lecţiilor sale, numeroşi *rangakusha* (experţi în ştiinţa olandeză) încep să studieze ştiinţa modernă cu ajutorul lucrărilor olandeze. În cursul celei de-a treia perioade (secolele XVIII şi XIX) *rangaku* va înflori în Japonia mai cu seamă în medicină, astronomie şi geografie.

Medicina modernizată a Occidentului se răspîndise încă în perioada legăturilor clandestine; medicul olandez din Deshima, Caspar Schambergen, venit în Japonia în 1649, formase elevi; ba chiar şi o ediţie japoneză a lucrărilor lui Ambroise Paré circulase la începutul secolului al XVIII-lea. Dar decretul liberal al lui Yoshimune (în 1720) va oferi posibilităţi mult mai largi. La 4 martie 1771, un elev al lui Aoki, Mayeno Royōtaku, asistă în secret cu cîţiva prieteni, graţie complicităţii unui călău, la supliciul sfîrtecării corpului unei condamnate la moarte; scopul lor era de a verifica exactitatea planşelor olandeze de anatomie pe care le cumpăraseră la Nagasaki, şi ei constată, fără posibilitate de eroare, că aceste planşe dezmint cu totul anatomia japoneză tradiţională. După această noapte istorică, Mayeno şi prietenii săi pregătesc din aceste planşe (cele ale lui Kulmus) o ediţie care apare în 1774. Un alt *rangakusha*, Hoshino Ryoetsu, construieşte în 1798 un schelet din lemn. Medicii factoriei olandeze din Deshima, mai cu seamă P.F. von Siebold (sosit în 1822), formează numeroşi elevi, printre care Hanaoka Seishū (1760—1835), care practică extirparea tumorilor, a fistulelor anale, amputările şi ştie să folosească narcoticele. Dar aceşti medici „de tip olandez " *(ran-pō-i)* nu constituie încă decît o slabă avangardă, şi în istorisirile lui C.P. Thunberg (medic în Deshima începînd din anul 1775) se arată cum marea majoritate a confraţilor lui practicau încă, în mod exclusiv, acupunctura, moxibustia (procedeu terapeutic din Extremul Orient care folosea materiale încălzite. — *N.T.*) şi alte tehnici tradiţionale.

Din cauza importanţei civile şi religioase a calendarului, astronomia este o problemă de stat în toate vechile imperii asiatice. *Shogun*-ul Yoshimune încurajează pe astronomul Nakane Genkei să continue cercetările de astronomie *rangaku* (pe care acesta le începuse încă înainte de decretul din 1720, studiind de exemplu eclipsele) şi îl numeşte director al Observatorului înfiinţat de el la Yedo. Aici se răspîndeşte astronomia lui Copernic; un interpret din Nagasaki, Motoki Ryoei (mort în anul 1794), este autorul primei lucrări, care expune heliocentrismul în Extremul Orient; Hoashi Banri, un învăţat din Osaka, alt mare centru astronomic, este un adept entuziast al sistemului copernican, încît era cît pe aci să-şi atribuie descoperirea. Alţi astronomi japonezi,

influenţaţi de lucrările publicate la Pekin în secolul al XVII-lea de către iezuiţi, rămîn apărători întîrziaţi ai geocentrismului ptolemeic.

În domeniul matematicii este cel mai greu de precizat jocul influenţelor reciproce între ştiinţa *rangaku* şi ştiinţa japoneză autohtonă. Se ştie, de exemplu, că marele matematician japonez din secolul al XVIII-lea Ajima cunoştea trigonometria sferică occidentală; logaritmii pătrund în Japonia în anul 1767 prin editarea în japoneză a unui tratat chinez de logaritmi.

Şi în multe alte domenii cărturarii sistemului *rangakusha* încep să studieze cu ardoare ştiinţele venite din Europa. Noro Genjō, care abordase în anul 1720, din ordinul *shogun*-ului, studiul limbii olandeze, în acelaşi timp cu Aoki, publică în 1750 *Explicaţiile japoneze ale botanicii olandeze*. Shiba Kohān (1738—1818), un alt ilustru *rangakusha*, publică în anul 1783, urmînd procedeul occidental, primele gravuri pe cupru apărute în Japonia după expulzarea iezuiţilor în secolul al XVII-lea. El editează, de asemenea, hărţi astronomice, iar în 1789, o descriere geografică a Occidentului. Încă din 1785, cartograful Hayashi Shihei publicase unul dintre primele atlase japoneze conţinînd indicaţii de longitudine şi latitudine.

COMPARAŢIE CU CHINA. Ştiinţa modernă a realizat deci în Japonia progrese mult mai simţitoare decît în China, mai cu seamă de pe la începutul secolului al XVIII-lea. Contrastul este izbitor. În 1801 apare o lucrare japoneză despre microscop, chiar în timpul în care învăţatul chinez Feng Chen îşi mărturisea dispreţul său poetic faţă de acest instrument. Această situaţie se poate explica, pe de o parte, prin diferenţele dintre modalităţile de transmitere a cunoştinţelor ştiinţifice de către olandezi şi de către iezuiţi. Negustorii olandezi (lăsînd la o parte medicul factoriei) nu vor şi nu pot să dea un învăţămînt de aceeaşi valoare ca cel al misionarilor matematicieni şi astronomi de la Pekin; cărturarii *rangaku* sînt lăsaţi să se descurce singuri să descifreze cu eforturi grele tratate scrise într-o limbă din care nu posedă decît noţiuni elementare. În felul acesta, ei asimilează ştiinţa modernă prin propria lor dezvoltare.

Ar mai rămîne de explicat — şi aici din nou studiul unui capitol restrîns, în aparenţă, al istoriei ştiinţelor din Extremul Orient ridică o problemă de importanţă istorică mult mai generală — de ce Japonia dinastiei Tokugawa este mai deschisă, mai receptivă, decît China dinastiei Ţin. Analiza bazelor sociale ale ştiinţei moderne în Japonia n-ar putea, şi aici, să ne pună pe calea cea bună? În Japonia secolelor XVIII—XIX, dezvoltarea producţiei de mărfuri şi manufacturieră este desigur mai avansată decît în China, mai cu seamă în centre ca Yedo, Osaka sau Nagasaki, care sînt tocmai cele în care ştiinţa *rangaku* înfloreşte. Pe de altă parte, s-a putut cnstata că mulţi matematicieni japonezi proveneau din mediul samurailor; faptul este o caracteristică a descompunerii vechii societăţi feudale şi a evoluţiei acestei caste militare care, de la sfîrşitul războaielor interfeudale din secolul al XVI-lea, se orientează către activităţile administrative, financiare şi economice, pe feudele senioriale şi care va furniza Japoniei moderne o bună parte din cadrele sale.

Ştiinţa modernă în Japonia secolului al XIX-lea era deci asociată forţelor de reînnoire socială şi politică a ţării; ea constituia astfel un pericol de care gu-

vernul *shogun*-ului devenea din ce în ce mai conştient şi împotriva căreia el ia măsuri tardive de represiune, revenind asupra măsurilor sale liberale din secolul al XVIII-lea. Este tipică în acest sens cariera lui Takano Chōei,cel mai distins *rangakusha* al timpului său, autor de tratate de botanică, mineralogie, geografie, dar, în acelaşi timp, membru al unui club reformator, arestat de mai multe ori din cauza aceasta, condamnat în anul 1840 la închisoare pe viaţă pentru că „a înşelat poporul" prin învăţătura sa ştiinţifică modernă. Acest Giordano Bruno japonez răspunde plin de mîndrie acuzatorilor săi, printr-un act de credinţă în ştiinţă:

„Noi nu ştim ca cineva să fi mers vreodată în ceruri, dar avem astronomi. Noi nu ştim ca cineva să fi coborît în interiorul Pămîntului, dar avem geologi... Există un *ochi interior*, cu ajutorul căruia aceste lucruri pot fi totuşi văzute" (Citat de G. B. Sansom, *Japon and the Western World*).

El scapă din închisoare în anul 1844, dar este prins din nou şi îşi face harachiri în 1850.

BIBLIOGRAFIE LA CAPITOLUL I

ŞTIINŢA CHINEZĂ

H. BERNARD-MAÎTRE, *Les adaptations chinoises d'ouvrages européens* („Monumenta Serica", 1945).
IDEM, *Ferdinand Verbiest (loc. cit.*, 1940).
IDEM, *Matteo Ricci's Scientific Contribution to Chine*, Pekin, 1935.
IDEM, *Notes on the Introduction on Natural Sciences into the Chinese Empire* („Yenching Journal of Social Studies", II, 2, 1941).
IDEM, *La science européenne au tribunal astronomique de Pékin*, Paris, 1951.
P.D'ELIA, *Galileo in Cina*, Roma, 1947.
W. FUCHS, *Materialen zur Kartographie des Mandju-Zeit* („Monumenta Serica", 1935 şi 1938).
L. PFISTER, *Notices biographiques et bibliographiques sur les Jésuites de l'ancienne mission de Chine*, 2 vol., Shanghai, 1932—34.
A. H. ROWBOTHAM, *Missionary and Mandarin*, Univ. of California Press, 1942.
A. WYLIE, *Notes on Chinese Litterature*, Shanghai, 1902.
IDEM, *Chinese Researches*, Shanghai, 1897, cf., de asemenea, Dicţionarul biografic a lui HUMMEL, *Eminent Chinese of the Ch'ing Period*, Washington, 1944 (mai cu seamă însemnările despre Ho Kuo-tsong, Siu Kuang-k'i, Li Chan-lan, Li Tche-tsao, Lo Che-lin, Mei Ku-tcheng, Mei Wen-ting, Tai Chen etc.). În general, noi trimitem cititorul, dornic de a aprofunda anumite concluzii prezentate mai sus, la lucrarea *Science and Civilisation in China*, publicată de JOSEPH NEEDHAM, în colaborare cu WANG LING, şi ale cărei opt sau nouă volume sînt în curs de publicare la Cambridge University Press.

Menţionăm, în sfîrşit, o serie de publicaţii posterioare primei ediţii a acestor volume:

G. BONNANT, *The Introduction of Western Horology into China* („La Suisse Horlogère" (Inter.ed.), 1960, LXXV, nr. 1; Sep.pub., Geneva, 1960).
P. DEMIÉVILLE, *Les premiers contacts philosophiques entre la Chine et l'Occident* („Diogène", nr. 58, 1967).
P. D' ELIA, *The Double Stellar Hemispher of Johann Schall von Bell*, S.J. („Monumenta Serica", 18, 1959).

IDEM, *Galileo in China; Relations through the Roman College between Galileo and the Jesuit Scientist Missionaries (1610—1640)*, trad. de R. Suter și M. Sciascia, Cambridge University Press, 1960.
P. HUARD ȘI M. WONG, *Analyse de livres chinois concernant l'histoire de Sciences* („Janus", 47, 1958).
J. NEEDHAM, *Chinese Astronomy and the Jesuit Mission; an Encounter of Cultures*, London 1958.
YING-HSING SUNG, *Chinese Technology in the XVIIth Century: T'ien-kung k'ai-wu*, trad. de E-tu-Zen Sun și Shiu-chuan Sun, The Pennsylvania State University Press, 1960.
B. SZCZESNIAK, *The 17th Century Maps of China; an Inquiry into the Compilations of European Cartographers* („Imago Mundi", 1956, XIII—116).
G. HO-CHING WANG, *China's Opposition to Western Religion and Science during the Late Ming and Early Ch'ing*, Ann Arbor, Mich., University Microfilms, 1958.

JAPONIA

C. R. BOXER, *Jan Company in Japan, 1600—1817*, Haga, 1936.
IDEM, *Christian Century in Japan, 1549—1650*, London, 1951.
Y. FUJIKAWA, *Geschichte der Medizin in Japan*, Tokyo, 1911.
D. KEENE, *The Japanese Discovery of Europe. Honda Toshiaki and Others Discoverers (1720—1798)*, London, 1952.
A. KOBORI, *Les étappes essentielles des mathématiques au Japon*, Paris, 1957.
A. KUWAKI, *Western Science in Later Tokugawa Period* („Cultural Nippon", 1941).
Y. MIKAMI, *The Development of Mathematics in China and Japan*, Leipzig, 1913.
C. OKUMA, *Fifty Years of New Japan*, London, 1910.
SIR G.B. SANSOM. *The Western World and Japan*, London, 1950.
D.E. SMITH ȘI Y. MIKAMI, *A History of Japanese Mathematics*, Leipzig, 1914.
B. SZCZESNIAK, *The Penetration of the Copernican Theory into Feudal Japan* („Journal of the Royal Asiatic Society", 1944).
I. VEITH, *Medicine in Japan* („Ciba symposia", 1950). *Beginnings of Japanese Obstetrics* („Bulletin of the History of Medicine", 1951).
S. ARIMA, *The Western Influence on Japanese Military Science, Shipbuilding and Navigation* („Monumenta Nipponica", 19, nr.3—4, 1964, Tokyo).
A. EBISAWA. *The Jesuits and Their Cultural Activities in the Far East*(„Cahiers d'Histoire Mondiale", t.5, nr.2, 1959).
H. HIROSE, *The European Influence on Japanese Astronomy* („Monumenta Nipponica", 19, nr 3—4, 1964, Tokyo)
H. OHMORI, *A Study of the Rekisho Shinsho* („Japanese Studies in the History of Science", nr.2, 1963).
R. OTORI, *The Acceptance of Western Medicine in Japan* („Monumenta Nipponica", 19, nr.3—4, 1964, Tokyo).
H. SAIGUSA, *Japanese Astronomy in the Tokugawa era* („Japan Quarterly", 5 July/Sept. 1958).
G. B. SANSOM, *The Western World and Japan*, New York, Knopf, 1962 (ed. nouă).
M. UENO, *The Western Influence on Natural History in Japan* („Monumenta Nipponica", 19, nr. 3—4, 1964).
K. YABUUTI, *The Pre-History of Modern Science in Japan; the Importation of Western Science during the Tokugawa Period* („Cahiers d'Histoire Mondiale", t.9, nr.2, 1965).
S. YAJIMA, *The European Influence on Physical Science in Japan* („Monumenta Nipponica", 19, nr.3—4, 1964, Tokyo).

CAPITOLUL II

Ştiinţa indiană, din secolul al XV-lea pînă în secolul al XVIII-lea

Începînd din secolul al XV-lea pînă la sfîrşitul secolului al XVIII-lea, ştiinţa indiană a continuat să fie intens promovată în toate regiunile Indiei şi chiar să se propage în unele din ţările aflate sub influenţă indiană. În schimb, ea s-a reînnoit foarte puţin. În cea mai mare parte a ţării, invaziile musulmane dăduseră o lovitură foarte puternică energiei creatoare a civilizaţiei indiene. Puternica tradiţie ştiinţifică antică era păstrată, dar, în faţa concurenţei ştiinţelor străine aduse de către musulmani, ea era păstrată mai ales ca un patrimoniu de opus influenţei străine. Cercurile brahmanice şi hinduse care o cultivau să străduiau mai mult să o apere în forma ei consacrată decît să o facă să evolueze prin noi cercetări. Ameninţarea străină întărea un tradiţionalism strict, înlocuia setea de cunoaştere cu grija de conservare. Se considera că este mai important să se afirme valoarea ştiinţei autohtone faţă de doctrinele importate decît să se îmbogăţească această ştiinţă. Ce-i drept, intenţiile polemice nu se manifestă în textele principale. Acestea nu combat doctrinele noi; ele le ignoră, fie din afectare, fie pentru că emană din cercuri care s-au închis în faţa oricărui contact cu exteriorul. Dar, chiar şi în aceste cercuri în care ideile străine nu erau cunoscute, existenţa acestora era destul de pregnantă pentru a dezvolta un ataşament mai riguros faţă de învăţăturile tradiţionale.

Pe de altă parte, cunoştinţele importate de către învăţaţii străini erau deseori de ordin practic — reţete medicale sau alchimice, tabele de calcule astronomice — şi nu rezultau, în general, dintr-o mişcare originală de progres, pe care ştiinţele islamice ar fi cunoscut-o în India. Ele nu puteau constitui un stimulent în dezvoltarea ştiinţei indiene. Atunci cînd aceasta le adopta, ceea ce se întîmpla totuşi, exceptînd cercurile ortodoxe, ea nu făcea decît să le absoarbă în masa sa, fără să găsească în ele imbold de revizuire a doctrinelor sale generale.

În sudul peninsulei indiene, în zona culturilor dravidiene, influenţa musulmană a fost mult mai slabă. Ea a fost chiar contrabalansată, în mare măsură, de o renaştere brahmanică în imperiul Vijayanagar din secolul al XIV-lea pînă în secolul al XVII-lea. Această renaştere a fost însă în general tadiţionalistă şi nu renovatoare. Ea a contribuit la întărirea, în sud, a învăţăturii clasice sanscrite, urmînd tendinţele conservatoare din nord de apărare împotriva penetraţiei islamice.

De altfel, reacţia brahmanică tradiţionalistă nu era îndreptată numai împotriva islamului. Ea începuse cu mult înainte de introducerea acestuia în India. Invazia islamică, apărînd ca un pericol mai evident, a determinat doar ca reacţia brahmanică să devină mai vie şi mai susţinută. În afară de mişcările heterodoxe în raport cu brahmanismul, cum erau cele ale budismului sau jainismului, şi de mişcările materialiste, au apărut două curente care abăteau spiritele atît de la tradiţia brahmanică cît şi de la preocupările, avute deseori de aceasta, de explicare raţională a jocurilor naturii. Unul dintre aceste curente, cel al manualelor *Tantra* de tehnică religioasă, făcea să precumpănească un ezoterism simbolist şi se ocupa mai mult de condiţionarea psihologică a adepţilor decît de legile naturii. Celălalt, *bhakti* sau „devoţiunea", reducea totul la dragostea pentru Fiinţa supremă, pe care folozofia o izola de manifestările fenomenologice.

Aceste curente abătuseră atenţia de la ştiinţa propriu-zisă şi revenirile care s-au produs la tradiţiile brahmanice clasice au regăsit tîrziu această ştiinţă în punctul în care ajunsese înainte de a-şi pierde elanul de cercetare, adică în punctul în care o opriseră comentatorii din evul mediu.

A. MATEMATICA ŞI ASTRONOMIA

Textele de astronomie scrise între secolele XV şi XVIII au păstrat, în general, ca elemente de bază, *Sūryasiddhānta* şi variantele şi adaptările ei. Ele sînt în esenţă texte practice, destinate să permită calculele de care avea nevoie astrologia, din ce în ce mai dezvoltată şi mai răspîndită.

Din literatuă astronomică din această epocă pot fi citate ca derivînd din tradiţia *Sūryasiddhānta* lucrările: *Makaranda*, din 1478, scrisă la Benares şi devenită subiectul unui comentariu renumit din secolul al XVII-lea (1620), *Makarandavivaraṇa* al lui Nṛsiṃha, şi *Grahalāghava*, un manual de calcul al poziţiilor planetelor, scris de Gaṇesadaivajña, datînd din 1520. Gaṇesadaivajña a fost şi autorul a două tratate, unul scurt, celălalt mai extins, despre calculul zilelor lunare *(tithi, Tithicintāmaṇi)*. Operele sale urmează tradiţia lui Āryabhaṭa, în forma modificată de Lalla (cf. vol. I, p.530), şi au fost preţuite mai cu seamă în regiunile marathi şi în Deccanul central. În sud, a fost continuată pe larg tradiţia lui Āryabhaṭa (în limba tamilă: *vākkiyam*) alături de cea a *Sūryasiddhāntei* (*sittāndam*).

INFLUENŢE STRĂINE. În secolul al XVII-lea, cu toată separarea culturală dintre cercurile tradiţionale indiene şi cercurile de origine străine, astronomiile arabă şi europeană au fost cîteodată adoptate parţial de către autorii indieni. Lucrarea *Siddhāntaviveka*, scrisă de Kamalākara, în 1658, este inspirată din astronomia arabă. În prima parte a secolului al XVIII-lea, maharajahul Jaysingh al II-lea (1699-1743) a dat un mare avînt astronomiei, aducînd toată documentaţia arabă şi europeană accesibilă (în special tabelele lui La Hire), pentru a o adăuga la cea indiană, înfiinţînd observatoare în mai multe oraşe

importante: la Jaipur, pe care l-a fundat el însuşi, la Ujjayinī al cărui meridian era punctul de plecare tradiţional al longitudinilor, la Benares, Delhi şi Mathurā. Aceste observatoare erau înzestrate cu instrumente de mari dimensiuni, construcţii zidite, în mare parte păstrate pînă azi (cf. pl. 47).

INTERESUL PENTRU ASTRONOMIA INDIANĂ ÎN SECOLUL AL XVIII-LEA De la sfîrşitul secolului al XVII-lea şi mai ales cu prilejul misiunilor lui Ludovic al XIV-lea în Siam, europenii au fost foarte preocupaţi să determine volumul şi valoarea cunoştinţelor ştiinţifice, mai cu seamă astronomice şi matematice, ale popoarelor, din India. Astronomii francezi, în special Cassini, apoi Le Gentil, au studiat în mai multe rînduri, în secolul al XVIII-lea, astronomia siameză originară din India şi astronomia Indiei însăşi, fie după documentele adunate de călători şi misionari, fie la faţa locului, ca în cazul lui Le Gentil la Pondichéry.

Ei au constatat că majoritatea astrologilor indieni foloseau în mod mecanic, deşi cu o mare abilitate tabele, de calcule fără să cerceteze cerul şi fără să posede noţiuni aprofundate de cosmografie. De aici s-a tras concluzia că ştiinţa astronomică indiană nu era originală, că ea nu făcuse decît să împrumute pentru nevoile practice, legate de prevederea eclipselor şi de stabilirea horoscoapelor, rezultatele dobîndite în străinătate sau într-o antichitate uitată. Bailly a presupus existenţa unui popor antic, cu o civilizaţie înaintată, de la care India ar fi păstrat vestigii de cunoştinţe. Mai răspîndită era opinia că India obţinuse rezultatele astronomice, pe care le folosea, din China sau de la lumea greacă şi arabă. Realitatea dovedită a unor împrumuturi din astrologia greacă a acreditat deseori părerea că nu a existat niciodată o ştiinţă astronomică indiană proprie. Astăzi ştim că această părere era greşită, deoarece sistemul de reperare a poziţiilor astronomice în *nakshatra* (vol. I, p. 158 şi urm.) reprezintă o astronomie nezodiacală încetăţenită în India cu mult înainte de introducerea astronomiei zodiacale şi menţinută alături de aceasta din urmă. Dar cercetarea astronomică şi matematică încetase realmente în India secolului al XVIII-lea şi rezultatele dobîndite nu mai erau folosite decît de către specialiştii în calcule astrologice.

B. CHIMIA ŞI MEDICINA

Chimia, la rîndul ei, a continuat să fie folosită într-o manieră esenţialmente utilitară, în scopurile curente ale alchimiei şi ale terapeuticii. Culegerile de reţete s-au înmulţit, reluînd mereu conţinutul lucrărilor mai vechi. O serie de inovaţii nu sînt decît aparente. Ele nu făceau decît să schimbe denumirea substanţelor menţionate şi mai degrabă să varieze prezentarea decît să facă studii noi.

Acelaşi lucru s-a întîmplat şi în medicină, unde doctrinele vechi au fost păstrate fără mari modificări, în ciuda numărului considerabil de culegeri de elemente de diagnostic şi de terapeutică care au fost compilate.

În epoca lui Akbar, rajahul Todar Mall, care era în serviciul Imperiului mongol dar rămăsese profund ataşat de cultura indiană şi se îngrijea de adunarea elementelor acesteia pentru a o conserva, a dispus întocmirea unui compendiu medical în cadrul unei colecţii considerabile de tratate asupra altor subiecte, colecţie care tindea să devină un fel de enciclopedie a cunoştinţelor indiene proprii, opusă influenţei islamice.

Împrumuturile de amănunt, de influenţă islamică, au fost numeroase în cărţile de medicină, de substanţe medicale de natură vegetală, animală sau minerală, şi în cele de alchimie. Unele tratate sînt inspirate, cel puţin în orientările lor esenţiale, din noţiuni străine indianizate în mod superficial. Astfel lucrarea *Arkaprakāsa*, ceea ce în sanscrită înseamnă literal „Lumina Soarelui", este de fapt un tratat care face „lumină asupra arak-urilor", alcoolurile care rezultă din diferite distilări şi care în limba arabă erau denumite *arak*.

Pentru unele boli şi droguri au fost împrumutate denumiri din terminologia populară sau savantă a musulmanilor. Astfel, lucrarea *Bhāvaprakāsa*, un tratat medical din secolul al XVI-lea care urmează îndeaproape vechile tratate sanscrite, prezintă, între altele, sifilisul sub denumirea de *phirangiroga*, „boala frangilor" sau a „francilor", cum îi numeau musulmanii pe europeni, în speţă pe portughezii acelor vremuri.

O întreagă serie de scrieri medicale formează literatura medicală zisă *yūnāni*, care există în sanscrită şi mai cu seamă în limba tamilă şi în diferite limbi indo-ariene moderne. Este vorba de medicina arabă, desemnată cu un nume care la origine înseamnă „greacă" (în sanscrită *yāvonanī*), dar care a servit mai tîrziu pentru a denumi în limbile indiene tot ceea ce provenea de la musulmani, substituiţi grecilor de altădată, în calitate de occidentali cultivaţi.

■

RĂSPÎNDIREA ŞTII ŢELOR INDIENE. În ciuda încetinirii activităţii creatoare şi a pierderii puterii de înfluenţă a civilizaţiei specific indiene în timpul dominaţiei mongole, India a continuat să exercite în unele regiuni o anumită influenţă în domeniul ştiinţific. Produse medicale şi noţiuni indiene au continuat să fie transportate către arhipelagul Indoneziei de înşişi musulmanii care se duceau acolo venind din India, vehiculînd împrumuturi din aceste cunoştinţe, făcute mai mult sau mai puţin conştient.

Dar înfluenţa ştiinţifică indiană, în perioada tîrzie, a continuat să se exercite mai cu seamă în Tibet. În secolul al XVII-lea a fost redactat un mare comentariu al lui Rgyud-bzi, o traducere a lucrării *Amṛtahṛdaya* (cf. vol. I, p. 181), intitulată *Vaiḍūrya-sngon-po*, care atestă o cunoaştere aprofundată a tradiţiei medicale indiene. Pe de altă parte — şi aceasta este şi mai important — în secolul al XVII-lea a fost încheiată marea colecţie canonică tibetană de comentarii budiste şi de tratate tehnice traduse din sanscrită: *Bstan' gyur (Tanjur)*, ea însăşi tradusă mai tîrziu în mongolă, o colecţie care conţine

un mare număr de tratate ştiinţifice indiene dintre care multe au fost traduse chiar în secolul al XVII-lea, sub al 5-lea Dalai-lama. Acesta din urmă a dat în adevăr un mare impuls ştiinţei tibetane bazate pe ştiinţa indiană şi a sprijinit mai cu seamă traducerea în tibetană a lucrărilor-cheie ale literaturii sanscrite, începînd cu tratatele clasice de gramatică şi cu dicţionarele care puteau să înlesnească tibetanilor accesul direct la izvoarele religioase budiste şi la izvoarele ştiinţifice şi tehnice indiene fără caracter religios particular[1].

[1] Pentru bibliografia la acest capitol a se vedea cea din vol. I, p. 182 şi urm.

CAPITOLUL III
Ştiinţele în America colonială

A. CADRUL ISTORIC

După descoperirea lui Cristofor Columb, Europa va revărsa spre America valuri de emigranţi, care vor da acestui continent, cu rase şi civilizaţii originale în momentul descoperirii lui, o civilizaţie pur europeană.

Deşi explorate, populate şi exploatate în mod sumar şi inegal, America de Sud şi America Centrală îşi vor căpăta trăsăturile definitive în mai puţin de cincizeci de ani de la cucerirea lor. America de Nord se va contura mai lent şi acolo populaţia albă va prinde cu adevărat rădăcini abia în secolul al XVII-lea.

AMERICA SPANIOLĂ. Sosiţi primii, spaniolii îşi vor lua partea leului. Împinşi de căutarea aurului şi a mirodeniilor şi de mirajul Indiilor, ei pătrund mereu mai departe de coastă. Către 1550, domeniul care va rămîne hispanizat este aproape în întregime cucerit; în secolele următoare, spaniolii vor înainta mai departe în interiorul Americii de Nord şi peste tot colonizarea lor va progresa în profunzime.

Imensul lor imperiu al Indiilor Occidentale se va întinde de la Ţara de Foc pînă în California, înglobînd o parte din America de Nord (vestul Statelor Unite actuale, Florida, Mexicul), întreaga Americă Centrală şi America de Sud, cu excepţia Braziliei portugheze.

Prăbuşirea marilor imperii aztec şi inca, supunerea şi convertirea la creştinism a maselor indiene duc la dispariţia aproape în întregime a civilizaţiilor indigene şi la înlocuirea lor cu civilizaţia europeană creştină.

La început legăturile politice şi economice dintre Spania şi imperiul său erau foarte strînse. Ele se vor destrăma pe măsură ce puterea spaniolă va slăbi, pentru a se rupe definitiv în prima treime a secolului al XIX-lea.

Considerate drept posesiuni ale Coroanei, Indiile Occidentale erau guvernate direct din Madrid de rege şi Consiliul Indiilor. În decursul secolelor, sistemul de guvernare nu se va schimba decît foarte puţin. Viceregii, la început doi, după aceea patru, au guvernat regate foarte inegale (Noua Spanie şi Peru — cele mai vechi — apoi Noua Granadă (1717) şi Plata (1776)). Căpitanii generali, aflaţi sub autoritatea viceregilor, îşi aveau reşedinţa în Guatemala, în Venezuela şi în Chile. Aceşti înalţi funcţionari vor fi aproape totdeauna trimişi direct din Spania.

Albii, care nu formează însă decît o minoritate în raport cu masa metişilor, a indienilor şi a negrilor, sînt totuşi mari proprietari de pămînt şi singurii deţinători ai autorităţii. Eforturile unor ordine religioase de a-i proteja pe indieni şi de a-i cîştiga de partea culturii europene nu au adus la rezultate importante, ci doar la favorizarea importului de negri din Africa.

Tutela economică a Spaniei va rămîne mult timp foarte apăsătoare. Nu era permis nici un fel de comerţ între regatele hispano-americane şi, cu atît mai mult, între ele şi ţările străine. Din lipsă de capitaluri şi de mînă de lucru, starea lor economică era înapoiată. Dar la sfîrşitul secolului al XVIII-lea Spania, angajată în războaiele europene, este obligată să renunţe la monopolul ei. Coloniile fac comerţ din ce în ce mai liber cu alte ţări şi reacţionează la evenimentele din Europa. Aceasta cu atît mai mult, cu cît acel *despotismo ilustrado*[1] din timpul domniei lui Carol al III-lea (1759—1788), deşi nu s-a repercutat în America decît cu o oarecare întîrziere, a provocat o reînnoire intelectuală de netăgăduit şi a favorizat în felul acesta pătrunderea ideilor venite din străinătate. Nemulţumirea vie a creolilor este intensificată de ideile enciclopediştilor şi de exemplele tinerei republici a Statelor Unite şi al revoluţiei franceze. După invadarea Peninsulei Iberice de către Napoleon şi după abdicarea regelui, mişcările revoluţionare din coloniile americane se dezvoltă, deşi cea mai mare parte a lor se sfîrşesc fără succes. Politica reacţionară a lui Ferdinand al VII-lea, după 1815, va reaprinde revoltele şi va conduce la independenţa posesiunilor americane ale Spaniei; după mai mult de trei secole de dominaţie, aceasta nu va mai păstra în Lumea Nouă decît Cuba şi Puerto Rico, cu titlu provizoriu.

BRAZILIA PORTUGHEZĂ. Descoperirea accidentală a Braziliei de către Cabral, în anul 1500, face din ea o posesiune portugheză. Preocupat mai mult de Indiile Orientale, guvernul lasă la început popularea ei pe seama iniţiativelor individuale. Numai începînd din anul 1534, imitînd exemplul Spaniei, regele João al III-lea încearcă să-şi instituie aici mai ferm autoritatea, creînd treisprezece căpetenii, ai căror titulari erau numiţi de el însuşi. În 1548, Brazilia capătă un guvernator. În timpul perioadei de unire dinastică între Spania şi Portugalia (1580—1640), se înfiinţează un consiliu al Indiei şi monopolul Lisabonei este tot atît de exclusiv ca şi cel al Sevillei. În secolul al XVIII-lea, Brazilia va fi guvernată de un vicerege.

Colonii portughezi, la început fii ai unor familii nobile, comercianţi sau traficanţi, apoi ţărani veniţi din Azore sau din Madera, rămînînd rareori neamestecaţi, au populat Brazilia cu o rasă accentuat metisă. În afară de albi, aici au fost aduşi, începînd din secolul al XVI-lea, şi numeroşi sclavi negri. Cît despre indieni, foarte înapoiaţi faţă de cei pe care spaniolii îi întîlniseră de cealaltă parte a Anzilor, situaţia lor este cu mult mai grea decît a celor din coloniile spaniole. Decimaţi în acelaşi timp de represaliile militare ale colonizatorilor şi de bolile răspîndite de aceştia, hăituiţi de bandele pauliste, reduşi la o aspră sclavie, ei sînt luaţi sub protecţie de către iezuiţi,

[1] Despotism luminat. — *N.T.*

care, susţinuţi la început de Coroană, îi aşază într-un fel de rezervaţii asupra cărora aveau putere nelimitată. Dar, sub presiunea marilor plantatori care aveau nevoie de sclavi, guvernul îşi retrage sprijinul acordat iezuiţilor şi rezervaţiile acestora se micşorează. În secolul al XVIII-lea, sub despotismul luminat al lui Pombal, sclavia indienilor este suprimată, iar iezuiţii sînt expulzaţi din Brazilia în 1759.

În secolul al XVI-lea, portughezii ocupau o mică fîşie de teritoriu de-a lungul coastei atlantice pentru care s-au luptat mai întîi cu francezii pe care i-au eliminat definitiv la sfîrşitul secolului al XVI-lea, apoi cu olandezii, veniţi împreună cu Mauriciu de Nassau-Siegen în 1637, şi izgoniţi în 1654.

Împinşi de nevoia de a acapara teritorii noi, din cauza exlpoatării devastatoare a solului practicată de coloni şi sub presiunea căutătorilor de aur şi a vînătorilor de sclavi, portughezii au înaintat spre vest pînă la Anzi, iar spre sud pînă pe teritoriile teoretic spaniole; frontierele au fost fixate în anii 1777—1778, dînd astfel Braziliei suprafaţa actuală de 8 500 000 km². Dar cu toată popularea incipientă a platoului minier din Minas Gerais, cea mai mare parte a populaţiei rămîne grupată în jurul porturilor Bahia, Recife, Natal, Rio de Janeiro.

Transformată în regat autonom de către prinţul regent, viitorul João al VI-lea fugit din Portugalia ocupată de francezi, deschisă influenţelor dinafară, Brazilia se vede ameninţată de o revenire la starea de colonie după restabilirea regelui la Lisabona. Exemplul colonilor spanioli a încurajat mişcarea separatistă din Brazilia şi, în 1821, sub comanda lui Don Pedro, fiul regelui Portugaliei, a fost proclamat imperiul constituţional al Braziliei.

COLONIZAREA FRANCEZĂ ÎN AMERICA. În urma pescarilor portughezi, marinarii francezi vizitează ţărmurile întinse ale Terra Novei. Datorită pescuitului maritim, ei iau contact cu America într-o epocă în care Curtea Franţei se interesa de războaiele cu Italia şi de lupta contra Habsburgilor. Francisc I revendică dreptul de a-şi stabili autoritatea în toate locurile descoperite de francezi şi care nu erau ocupate în mod efectiv de alţi suverani creştini. Totuşi regii Franţei, deşi nu se dezinteresau de expediţiile pentru descoperirea de regiuni aurifere şi a unei căi spre China, nu sprijineau de loc aşezările franceze în ţările noi.

În Brazilia, implantarea francezilor — prin Villegaignon, adjunct al amiralului Gaspard de Coligny — beneficiază cîtva timp de sprijinul oficial, dar acesta este insuficient şi, cu toată rezistenţa ei tenace, „Franţa antarctică" dispare la sfîrşitul secolului al XVI-lea sub loviturile portughezilor.

Deşi iniţial patronate de guvern, nici aşezările franceze din Florida stabilite de René de Laudonnière şi Jean Ribault n-au avut mai mult succes, o expediţie spaniolă exterminîndu-le în 1565, cu atît mai mult zel, cu cît un oarecare număr de coloni erau protestanţi.

Dar, încă înainte ca America tropicală să le fie interzisă, francezii începuseră să pătrundă în America de Nord. În 1524, Varrazzano căutase zadarnic pe acolo o cale spre China. Plecat în acelaşi scop, Jacques Cartier atinge estuarul Sfîntului Laurenţiu în 1534, iar în timpul unei a doua călătorii, în

1535, urcă pe cursul apei pînă în regiunea Montrealului. Dar prima încercare de colonizare, efectuată în 1541, se va solda printr-un eşec complet.

În 1603, din ordinul lui Henric al IV-lea, Champlain reia drumul urmat de Cartier; o mînă de francezi se instalează în acea ţară. În 1608, Quebecul este întemeiat; misionarii, mai cu seamă iezuiţii, sosesc în număr mare pentru a creştina ţara. Francezii întreţin raporturi excelente cu unele triburi indiene, cum ar fi hurons, dar trebuie să lupte cu îndîrjire împotriva înspăimîntătorilor irochezi.

Cum noua Franţă nu furniza nici aur, nici mirodenii, regii şi miniştrii, chiar şi Colbert, nu s-au interesat de ea decît în treacăt. Aici au venit, în principal, elemente din populaţiile din vestul Franţei: Poitou, Vendée, Normandia, precum şi soldaţi din regimentele regale, care deseori rămîneau să se stabilească acolo, dar marea slăbiciune a Canadei a constat totdeauna în popularea ei insuficientă.

Cu toate acestea, colonii defrişează păduri, întemeiază oraşe; în căutarea blănurilor, principalul articol de comerţ al Canadei, unii canadieni înaintează spre vest, ajungînd la Marile Lacuri, coboară apoi pe Misissippi şi revin, printr-un ocol, în America colonială, unde, în 1682, întemeiază Luisiana; după ce au explorat toată preria, fraţii la Vérendrye ajung, în 1743, la Munţii Stîncoşi.

Zona franceză a Americii cuprindea Canada, Noua Scoţie, teritorii în Illinois, Louisiana — toate constituind Noua Franţă —, Antilele franceze, Guyana, iar în Chile o populaţie de 4000 de locuitori (1746)—pe care ministrul marinei, Jean-Frédéric Phélypeaux, conte de Maurepas şi Pontchartrain, voia să o transforme în colonie. În linii mari, cele două zone de-a lungul fluviilor Sfîntul Laurenţiu şi Mississippi, precum şi regiunea Marilor Lacuri definesc schematic o linie care pleacă de la extremitatea golfului Sfîntului Laurenţiu şi ajunge la Marea Antilelor: acest imens arc de cerc al zonei locuite de francezi se prelungeşte pînă în America de Sud. Raportul dintre populaţia anglo-americană de 1 500 000 de locuitori, în 1763, şi cea franceză de 65 000 a Noii Franţe trădează o mare disproporţie demografică. Zona franceză a Americii, ca diviziune administrativă a Ministerului Marinei, este de fapt legată de lumea atlantică. Pînă la sfîrşitul războiului de şapte ani face parte integrantă din Franţa. Tratatul de la Utrecht din 1713 o privează de faţada sa oceanică, cu excepţia insulei Cape Breton, pe care se afla fortul Louisbourg; aceasta aduce o izolare a Noii Franţe sau Canadei între munţii Appalachian şi coloniile anglo-americane. Ea continuă să fie subordonată metropolei franceze, în decădere pe plan maritim şi colonial faţă de rivala ei britanică, încă de la începutul secolului al XVIII-lea. Datorită asprimii naturii sale, valea fluviului Sfîntul Laurenţiu sărăceşte demografic, populaţia preferînd să emigreze spre Louisiana, la care se adaugă plecarea spre teritoriile anglo-americane a hughenoţilor, pe care Richelieu nu îi primise în Noua Franţă.

Sub administraţie franceză, Canada urmează un proces nu prea reuşit de organizare a vieţii colective, mult diferit de sistemul din Franţa şi mai ales de cel al vecinilor ei nord-americani. Canada se inserează în dinamica de an-

samblu a dezvoltării europene prin legăturile dintre oamenii de ştiinţă ai secolelor XVII şi XVIII, prin prezenţa ofiţerilor de marină, prin observarea directă a fenomenelor de istorie naturală în America de Nord şi prin aptitudinea canadienilor pentru navigaţie de cursă lungă şi pentru explorarea unor teritorii întinse.

La sfîrşitul războiului de şapte ani şi după tratatul de la Paris, în 1763, schimbarea de imperiu şi transferul puterii de la Franţa către Marea Britanie vor modifica dezvoltarea colectivităţii canadiene de limbă franceză în funcţie de continuitatea şi de tradiţia caracteristică continentului nord-american.

COLONIZAREA ENGLEZĂ. În secolul al XVI-lea, cuprinşi de febra aurului, ca toate popoarele europene, englezii încearcă să ajungă în India pînă la care Cristofor Columb nu ajunsese. Italienii Giovani şi Sebastiano Cabotto, în solda negustorilor din Londra, caută de-a lungul coastelor Labradorului şi ale insulei Terra Nova o trecere, fără a o găsi. Ca şi francezii, englezii sînt înlăturaţi din America Centrală de către spanioli, care nu au putut totuşi să împiedice expediţiile lui Drake şi Hawkins, pericol permanent pentru Indiile lor.

În secolul al XVII-lea, puterea Spaniei începe să decadă; Anglia, din contra, în plin avînt maritim, nu poate fi ţinută departe de pămînturile ocupate din America de Nord. Încă din 1585, Walter Raleigh a încercat, fără succes, să întemeieze o colonie în Virginia; prima colonie engleză se va instala în anul 1607 în golful Chesapeake.

De acum înainte, Anglia va vedea plecînd către America emigranţi din ce în ce mai numeroşi, izgoniţi de persecuţiile religioase şi politice, de crizele economice, sau împinşi de spiritul de aventură şi de dorinţa de cîştig. Şi guvernul va contribui la colonizare, trimiţînd în America pe condamnaţii de drept comun care îşi ispăşeau pedepsele. Companii de comerţ şi asociaţii de proprietari, dispunînd de teritorii concesionate de rege, recrutează coloni din Anglia, din Germania şi din alte ţări protestante.

Debarcînd în America de Nord, aceşti emigranţi găseau regiuni cu păduri imense, populate de triburi indiene primitive care trăiau mai cu seamă din vînat. Stabiliţi pe coastă, ei formează nuclee izolate unele de altele, care se răspîndeau la rîndul lor pentru a forma alte colonii; acestea, treisprezece în total în secolul al XVIII-lea, sînt foarte diferite unele de altele. În coloniile din nord sau Noua Anglie, unde domina spiritul puritan al Fraţilor pelerini *(Pilgrim Fathers)* din Mayflower, colonii trăiesc din cultura pămîntului în manieră europeană, din comerţ şi din industrie; în coloniile din centru cu populaţie amestecată, englezii, în minoritate, îşi asigură existenţa mai cu seamă din comerţ; în coloniile din sud domină aristocraţia marilor plantatori de tutun sau de orez şi numărul sclavilor negri creşte neîncetat.

La început aceste colonii aveau regimuri diferite, dar la sfîrşitul secolului al XVII-lea, se ajunge la o oarecare uniformitate: un guvernator care reprezenta pe rege, un consiliu numit de rege şi o adunare aleasă de locuitori, care votează bugetul şi ratifică hotărîrile consiliului.

Colonii englezi, cu preţul unor lupte deseori sîngeroase, au împins spre interiorul continentului sau au masacrat triburile indiene dezbinate, dar

s-au găsit în faţa altor europeni. Olandezii, instalaţi la New Amsterdam, sînt alungaţi în 1667, dar francezii, din contra, îşi extind domeniul şi le barează drumul către vest, de la Marile Lacuri pînă la Mississippi. Lupta decisivă se desfăşoară între 1754 şi 1763 şi se termină cu triumful englezilor.

Timp de un secol, unul dintre marile argumente ale Coroanei britanice pentru menţinerea coloniilor sub dependenţa sa a fost pericolul francez. Dispariţia acestuia făcea inutilă protecţia Angliei şi, de altfel, colonii se simţeau de acum destul de puternici pentru a trăi prin propriile lor puteri. Motivele de nemulţumire împotriva metropolei nu lipseau şi ele nu vor înceta să se agraveze din cauza politicii autoritare a lui George al III-lea. Diferite alte cauze vor mări iritarea şi vor duce la ruptura din 1775 şi la proclamarea independenţei la 4 iulie 1776.

Atunci, cînd, cu ajutorul Franţei, vechile colonii, devenite Statele Unite ale Americii, vor obliga Anglia să le recunoască independenţa în 1782, aceasta nu va fi totuşi izgonită din America de Nord. Îi va rămîne Canada şi — ca şi Franţa — se va menţine în Antile (Barbados, Jamaica) unde s-a dezvoltat aceeaşi civilizaţie colonială ca în Antilele franceze.

B. AMERICA SPANIOLĂ

În timpul celor două secole care au urmat cuceririi, imensul imperiu al Indiilor Occidentale nu a avut în mod practic nici o legătură cu Spania. Deoarece cucerirea a dus la distrugerea civilizaţiilor precolumbiene, aici se va dezvolta de acum înainte o cultură esenţialmente spaniolă şi catolică. Adusă, răspîndită şi controlată strict de cler şi de călugări de toate ordinele, franciscani, dominicani, iezuiţi, ea va rămîne aproape în întregime limitată la populaţia albă, creolă şi spaniolă, cu toate că indienii nu au fost indepărtaţi în mod sistematic şi că pentru ei au fost infiinţate special mai multe colegii, printre care celebrul Colegiu de la Tlaltelolco în apropiere de Mexico.

În partea consacrată Renaşterii, din acestă lucrare, s-a menţionat, în repetate rînduri, aportul pe care descoperirea Americii l-a adus ştiinţei europene. Natura şi bogăţiile americane, obiceiurile şi tehnicile indienilor vor fi cunoscute în Europa datorită descrierilor cuceritorilor şi cronicarilor. Dintre aceştia din urmă trebuie amintiţi Gonzalo Fernandez de Oviedo, iezuitul Jose de Acosta, Bernardino de Sahagun, incasul Garcilaso de la Vega[2] şi Antonio Vazquez de Espinosa.

CONDIŢIILE VIEŢII INTELECTUALE. Indiile Occidentale nu au fost niciodată un centru de creaţie intelectuală, dar acolo au început să apară focare de

[2] Garcilaso de la Vega (1539-1616), cu toate că pînă la un punct este un adept al lui Acosta, a exprimat un punct de vedere agnostic în privinţa imigraţiei în America în cartea sa *Prima Parte de Los comentarios reales que trata de el origen de los Incas...* (Lissabon 1609). — C.M.

cultură foarte active. În plin avînt cultural în momentul cuceririi, Spania a înfiinţat aici, foarte curînd, universităţi (la începutul secolului al XIX-lea existau 20 de asemenea instituţii), cu care rivalizau numeroasele colegii religioase. Principalele centre de activitate ştiinţifică au fost Mexico şi Lima, sediile primelor două viceregate. În secolele XVII şi XVIII şi alte universităţi, ca Santo Domingo, Charcas (astăzi Sucre), Santa Fe de Bogota etc., vor cunoaşte o viaţă intelectuală activă, dar aceasta va fi orientată mai mult către disciplinele filozofice şi literare.

Scutite de orice taxe de export şi import, cărţile erau importate în număr mare în Imperiul Indiilor; ele erau supuse unui control al inchiziţiei, dar aceasta se pare că în practică a fost destul de liberală, cel puţin în afara domeniului strict religios.

Capitala Noii Spanii — Mexico — a atins în secolul al XVI-lea un nivel intelectual remarcabil. Acolo a fost instalată prin 1535, prima imprimerie din Lumea Nouă (prima carte fiind publicată în 1539); pînă în 1579, s-au mai înfiinţat încă alte trei. Ziare însă nu vor începe să apară regulat decît în 1722.

Universitatea din Mexico, *Real y Pontificia Universidad de Mexico*, şi-a serbat în 1951 al IV-lea centenar de la întemeiere, dar cursurile nu au început de fapt decît în 1553 şi, la început, viaţa intelectuală a fost aici mai puţin activă decît în colegiile San Francisco şi San Ildefonso. Prima catedră de medicină a fost creată în 1578 şi alte trei i-au urmat înainte de 1666, în timp ce o catedră de matematică luase fiinţă în 1646. Universitatea San Marco din Lima, înfiinţată în 1551, dispunea de venituri enorme care îi permiteau să întreţină 32 de catedre, dintre care una de medicină, creată în 1638. Prima tipografie ia fiinţă la Lima în 1584, şi din 1594 începe să apară o publicaţie periodică.

În secolul al XVIII-lea, sub domnia lui Carol al III-lea, asistăm la o adevărată reînnoire intelectuală în America spaniolă: înfiinţarea Şcolii de mine la Mexico, a unui *anfiteatro anatómico* la Lima, a Observatorului din Santa Fe de Bogota, înfiinţarea de societăţi şi de reviste ştiinţifice: „Seminario de Nueva Granada", „Mercurio Peruano" (1791), „Telegrafo mercantil" (Buenos Aires, 1801) etc.

MATEMATICA. Majoritatea cărţilor de aritmetică publicate în America spaniolă înainte de începutul secolului al XIX-lea tratează în special probleme practice, caracteristice acestor colonii: operaţii comerciale care decurg din exploatarea minelor, calculul valorilor aurului şi respectiv argintului, calculului quinto-ului[3] datorat regelui Spaniei.

Prima dintre aceste lucrări, *Sumario compendioso de las quentas* (Mexico, 1556) a lui Juan Diez, studiază problemele de conversiune a banilor, stabileşte reguli pentru tranzacţii comerciale şi abordează de asemenea mai multe probleme de teoria numerelor şi de algebră de nivel comparabil cu al celor care puteau fi studiate pe atunci în şcolile din Europa. Mai menţio-

[3] Impozit egal cu a cincea parte din venituri. — *N.T.*

năm două lucrări asemănătoare, *Libro general de las reducciones de plata y oro* (Lima, 1597) a lui Juan de Belveder și *Libro de plata reduzida* (Lima, 1607) a lui F. Guarreguilla. Primul tratat adevărat de aritmetică, publicat în Lumea Nouă, datorat lui Pedro Paz, contabil al catedralei din Mexico, *Arte para aprender todo el menor del arithmetica, sin maestro* (Mexico, 1623), se inspiră din manuale spaniole mai vechi; el este urmat, în 1648, de *Arte menor de arithmetica* a lui A. Reaton. Tratatul de aritmetică practică al lui J. J. Padilla, publicat în 1732 în Guatemala, este mai complet și conține în particular un studiu privind fracțiile zecimale. Această producție de manuale se menține pînă la independență, răspunzînd astfel cerințelor exploatării miniere și, mai tîrziu, școlilor militare.

Catedra de matematică de la Universitatea din Mexico, înființată în 1646, a fost încredințată lui Fr. Diege Rodriguez care era în corespondență cu mai mulți savanți europeni; el publică un studiu despre cometa din 1652. Cel mai de seamă titular al acestei catedre a fost Don Carles de Siguenza y Góngora, care era la curent cu lucrările savanților europeni contemporani, și căruia i se datorează un studiu despre cometa din 1680. În cursul unei polemici cu un iezuit austriac în trecere prin Mexico, el susține că cometele nu au nici o influență asupra evenimentelor, punct de vedere care face cinste învățămîntului științific din Lumea Nouă. La sfîrșitul secolului al XVIII-lea, învățămîntul matematic de la universitate a fost întrecut de cel de la Școala de mine, care cuprindea și noțiuni de calcul infinitezimal.

În domeniul geometriei, producția este foarte săracă și nu putem cita decît un studiu asupra dublării cubului, publicat în anul 1696 de un profesor de la Universitatea din Lima.

METALURGIA ȘI CHIMIA. Se știe că exploatarea minieră a jucat un rol foarte mare în dezvoltarea Lumii Noi. Minele cunoscute de indieni fiind repede secătuite, spaniolii au căutat și au descoperit altele, mult mai importante. Fabuloasa mină de argint de la Potosi, descoperită din întîmplare în Perul de sus (actuala Bolivia), în 1545, minele de la Zacatecas, de la Santa Barbara,... în Mexic, stau la originea izvorului de bogăție care a transformat economia europeană în secolele XVI și XVII.

La început, spaniolii au folosit procedeele de extracție ale indienilor care ajunseseră la un avansat grad de tehnicitate. Operația, bazată pe solubilitatea argintului în plumbul topit și pe eliminarea treptată a acestuia din urmă prin oxidare în contact cu aerul, se făcea în furnale mici, prevăzute cu găuri și încălzite cu cărbune de lemn.

Procedeul nou, prin amalgamare, a fost introdus în Mexic în 1556 de Bartolomeo de Medina, care, se pare, îl învățase de la un german. Metoda consta în a amesteca mineralul sfărîmat și umezit cu „sare" (rezultatul calcinării piritei de curpu) și mercur; se obținea astfel un amalgan de argint care era disociat prin încălzire. Această metodă a permis utilizarea și a minereurilor sărace, realizîndu-se în același timp o mare economie de combustibil. Practicată mai întîi în Mexic, amalgamarea a fost adoptată de Pedro Fernandez

de Velasco în anul 1572 şi generalizată către 1580 în minele de argint de la Potosi care au cunoscut atunci adevăratul lor avînt.

Au mai fost introduse şi alte perfecţionări tehnice: folosirea unui con metalic pentru recuperarea vaporilor de mercur, perfecţionarea cuptoarelor etc.

În 1591, Juan de Cárdenas, din Sevilla, un fost elev al Universităţii din Mexico, unde la rîndul său a început să predea începînd din 1607, a publicat o lucrare celebră, intitulată *Primera parte de los problemos y secretos maravillosos de las Indias*, care conţine cîteva studii de mineralogie şi o interesantă încercare de interpretare a reacţiilor de amalgamare. În 1640 a apărut un tratat foarte important de metalurgie, *Arte de los metales*, de Alonso Barba. Această carte a fost reeditată de numeroase ori în Spania, în Mexic şi în Peru şi a fost tradusă de mai multe ori în germană.

În secolul al XVIII-lea, tehnica a continuat să se perfecţioneze, folosind progresele europene. Unii dintre directorii Şcolii de mine din Mexico au studiat în Europa, la Freiberg şi la Uppsala, şi au adus în Noua Spanie mineri din Saxonia. Trebuie în mod deosebit menţionat fondatorul acestei şcoli, Fausto d'Elhuyar, care, împreună cu fratele său Juan Jose (care a jucat de asemenea un rol important în istoria minelor din Nueva Granada), descoperise wolframul în Spania. Tot la Mexico munceşte timp de aproape 50 de ani un chimist strălucit, Andres del Rio, precursor al descoperirii vanadiului, care în 1795 publică lucrarea *Elementos de Orictognosia*. Interesul acordat chimiei este reflectat şi de faptul că în Mexic va fi publicată prima traducerea spaniolă a lucrării *Traité élémentaire de chimie* a lui Lavoisier. „Un călător ar fi surprins, fără îndoială — scrie Humboldt —, întîlnind în interiorul ţării, la graniţele Californiei, tineri mexicani discutînd despre descompunerea apei în procedeul amalgamării în aer liber..."

MEDICINA. Catedre de medicină existau la Mexico începînd încă din 1578, iar la Lima, din 1638.

În secolul al XVI-lea, în America ca şi în Europa, medicina a rămas cu totul tradiţională. Aşa cum ne arată prima carte de medicină publicată la Mexico, *Opera medicinalia* (1570), a medicului F. Bravo, venit din Spania. Totuşi o serie de lucrări s-au inspirat timid, în domeniul terapeuticii, din cunoştinţele indigene referitoare la însuşirile medicinale ale anumitor plante. Astfel, ediţia a doua (Mexico, 1592) a lucrării *Tractado breve de anathomia y chirurgia* de Augustin Farfan, fost medic al lui Filip al II-lea, recomandă mai multe remedii inspirate din terapeutica indiană. *Milicia y descripción de las Indias* (Madrid, 1600), scrisă de soldatul Vargas Machuca (1557—1622), prezintă un mare interes pentru practica medicală. Această lucrare, care a putut fi denumită „ghidul conchistatorului", studiază toate problemele cu care este confruntat învingătorul spaniol şi se ocupă în particular de cunoştinţele medicale şi de remediile necesare în campanii. Această medicină empirică face apel la un diagnostic rapid şi la tratamente simple şi prompte, dintre care unele de origine indiană.

Medicina oficială a rămas însă înfeudată ideilor tradiţionale, ignorînd, în secolele XVII şi XVIII, o parte din inovaţiile medicinii europene, aşa

cum reiese din primul mare tratat de medicină publicat de un autor născut în America, cel al lui Marcos Jose Salgado (Mexico, 1727). Consemnăm totuși, că, la sfîrșitul secolului al XVIII-lea, practica inoculării era răspîndită pe scară largă în Noua Spanie și că vaccinarea a fost introdusă acolo încă din 1804.

BOTANICA. America spaniolă a jucat un rol de seamă în dezvoltarea cunoștințelor botanice, mai ales ca teren de studii pentru savanții europeni. Flora americană a fost subiect de curiozitate și de studii, în special în două epoci: mai întîi în secolul al XVI-lea, imediat după cucerire; apoi, în secolul al XVIII-lea, cu prilejul numeroaselor expediții științifice venite din Europa, la care au luat parte deseori botaniști americani.

Se știe că America spaniolă a îmbogățit Europa cu numeroase plante, dintre care unele aveau să revoluționeze însăși viața economică a lumii. Nu vom cita decît exemplele cele mai de seamă: ca plante folosite în scopuri medicinale, quina și quinquina — din care se va extrage mai tîrziu chinina — coca, mate (o specie de ilex din America de Sud), balsamul de Peru, *Salsaparila*, tutunul etc.; ca plante alimentare, porumbul, maniocul, arahida, tomata, arborele de cacao și mai cu seamă cartoful; ca plante industriale, arborele de cauciuc, campeche-ul, arbore cu lemn tare bogat în tanin, care dă o substanță colorantă.

Populația indigenă știa să folosească majoritatea acestor plante. De altfel, aztecii întreținеau adevărate grădini botanice care conțineau numeroase plante rare.

Primii cuceritori au constatat bogăția florei americane și au încercat să preia moștenirea cunoștințelor indiene. Încă de la cucerire, circulau indicații deseori fanteziste în legătură cu valoarea medicinală a numeroase plante, mai cu seamă asupra însușirilor antisifilitice ale lemnului sacru, gaiacul. Bernardino de Sahagun (1499—1590) a cules informații prețioase de la indieni și din grădina botanică a lui Moctezuma de la Oaxtepec, dar lucrarea sa *Historia de las cosas de Nueva España* a rămas nepublicată pînă în 1829. Nicolas Monardes (1507—1588), care făcea comerț cu Indiile, s-a pasionat pentru studiul plantelor din Lumea Nouă; el a reușit să aclimatizeze unele dintre acestea în grădina sa din Sevilla și a publicat, între 1565 și 1574, o *Historia medicinal*, care s-a bucurat de un mare succes și a fost tradusă în mai multe limbi.

În 1570 Consiliul Indiilor a lansat în America o anchetă cuprinzînd vreo cincizeci de întrebări, dintre care mai multe în legătură cu mediul natural, cu plantele și cu medicamentele folosite de indigeni. Curînd după aceasta, între 1571 și 1577, în urma instrucțiunilor lui Filip al II-lea, medicul său Francisco Hernandez străbate Noua Spanie, culegînd numeroase informații de la azteci, și revine în Spania cu 16 volume de desene și de texte referitoare la flora și fauna țărilor vizitate. O copie rămasă la Mexico a fost rezumată în mod neîndemînatic de Francisco Ximenez în lucrarea sa *Cuatro libros de la naturaleza y virtudes de las plantes* (Mexico, 1615). N. A. Recchi, un medic al lui Filip al II-lea, a consultat lucrările lui Hernandez, după care a publicat

un rezumat în limba latină la întoarcerea sa în Italia (Roma, 1628). Mai mulți membri ai Academiei dei Lincei au lucrat la o a doua ediție a acestui rezumat, pe care l-au îmbogățit cu diferite anexe; acest *Rerum medicarum Novae Hispaniae Thesaurus* nu a apărut decît în 1651. Între timp, depuse la Escurial, materialele culese de Hernández au fost distruse, în timpul incendiului din 1671.

Tratatul lui Cárdenas, pe care l-am citat, conține de asemenea cîteva indicații asupra florei și menționează porumbul, tutunul, coca și cîteva plante narcotice. Un manuscris elaborat către 1552 în limba indigenă de către medicul indian Martin de la Cruz și tradus în limba latină de unul dintre colegii săi indieni de la Colegiul de la Tlaltelolco, Juan Badiano, dă de asemenea informații interesante. Redescoperit în 1929 la Biblioteca Vaticanului, el a fost publicat în 1940. Iezuitul spaniol Jose d'Acosta (1539—1600), după o lungă ședere în America spaniolă, mai cu seamă în Peru și în Mexic, publică lucrarea *Historia natural y moral de las Indias* (Sevilla, 1590), al cărei capitol consacrat istoriei naturale menționează diferite plante americane: porumbul, cartoful, ananasul, arborele de cacao, agava, coca etc.

Flora americană avea să trezească din nou interesul în secolul al XVIII-lea. Valoarea anumitor plante era pe atunci bine cunoscută în Europa, cum ar fi aceea a scoarței de quina, care vindeca febra terță și cuartă și a cărei folosire trecuse din Peru în Spania, apoi în diferitele țări din Europa. Ca urmare, era necesară studierea și culegerea unor plante de asemenea importanță, satisfăcînd în același timp și curiozitatea botaniștilor, pentru care Lumea Nouă oferea un cîmp imens de cercetări.

America de Sud a devenit atunci teatrul a numeroase expediții științifice Litoralul răsăritean (Peru și Chile) a fost explorat de francezii Feuillée (din 1707 pînă în 1712) și Frézier (din 1712 pînă în 1714). În 1735, Academia de Științe din Paris trimite o expediție condusă de Bouguer și La Condamine, pentru a măsura un arc de meridian în apropiere de ecuator. Botanistul expediției, Joseph de Jussieu, pasionat de acest vast cîmp de cercetare, rămîne 35 de ani în America de Sud, trimițînd fraților săi numeroase note, liste de plante și de semințe. La Condamine însuși trimite Academiei de Științe, în 1738, prima descriere a arborelui pe care îl numește Quinquina. După terminarea operațiilor geodezice, el coboară Amazonul, ducîndu-se în Guyana. La întoarcerea sa, el prezintă Academiei, în 1751, un memoriu „Asupra unei rășini elastice descoperită de curînd la Cayenne",... rășină pe care o numește *cahuchu*. Regele Spaniei alăturase expediției franceze doi tineri ofițeri spanioli, Jorge Juan și Antonio de Ulloa; acesta din urmă publică, în 1748, o *Relación historica del viaje a la América meridional*.

Cam în aceeași epocă, iezuitul chilian J. I. Molina (1738?—1829) explora bogățiile naturale din Chile; expulzat în 1768, el publică în 1782, la Bologna, rezultatul cercetărilor sale, în particular o lucrare asupra florei din Chile. Mai menționăm trecerea de-a lungul coastelor Americii de Sud a celebrelor expediții ale lui Bougainville și Cook.

Urcarea pe tron a lui Carol al III-lea aduce o schimbare profundă în politica colonială a Spaniei. Pentru a stabili un bilanț al resurselor vegetale

din America spaniolă, s-a luat hotărîrea de a se trimite mai multe misiuni botanice: în Peru şi în Chile, în Noua Granadă şi, în sfîrşit, în Mexic.

Expediţia din Peru şi din Chile a fost condusă din 1778 pînă în 1788 de H. Ruiz şi J. Pavon, care au fost însoţiţi într-o parte din călătoria lor pe mare de francezul J. Dombey, ale cărui peripeţii ne sînt cunoscute. Rezultatele acestei expediţii au fost publicate în parte la Madrid, între 1798 şi 1802. Trimis în 1760 în Noua Granadă (Columbia), J. C. Mutis a rămas acolo, adunînd un număr foarte mare de mostre de plante şi făcînd după ele splendide desene; cîteva dintre aceste mostre le-a trimis lui Linné.

Expediţia în Noua Spanie, condusă de M. Sessé, nu a ajuns la Mexico decît în 1787. Primele sale obiective au fost de a înfiinţa la Mexico o grădină botanică şi o catedră anexă (1788) şi de a publica o ediţie completă a operelor lui Hernández (3 volume, Madrid, 1790) după documentele de lucru rămase în Mexic. Cu acest prilej s-a iscat o vie controversă între misiunea spaniolă şi botaniştii creoli în legătură cu clasificarea lui Linné şi cu cunoştinţele botanice ale aztecilor. Şeful misiunii, M. Sessé, şi adjunctul său, mexicanul J. M. Mociño, au străbătut mai tîrziu, între anii 1795 şi 1804, mai mult de 3000 km în America spaniolă, întocmind un ierbar foarte bogat şi o remarcabilă colecţie de desene în culori, dintre care o parte de către botanistul elveţian A. de Candolle.

Trebuie subliniat rolul important jucat la Rio de la Plata de Comisiile sosite în 1780 pentru a studia limitele dintre posesiunile spaniole şi cele portugheze. Studiile întreprinse de membrii ei au contribuit la îmbunătăţirea cunoştinţelor geografice, cartografice, etnografice şi, în cazul lui Felix de Azara zoologice şi botanice ale acestor regiuni.

De asemenea, menţionăm studiile întreprinse spre sfîrşitul secolului de către L. Née şi Th. Haenke, naturalişti ataşaţi pe lîngă expediţia condusă de Alessandro Malaspina între 1789 şi 1794. O descriere a unei părţi a plantelor recoltate de Haenke este publicată la Praga în 1825. Dar mai ales trebuie să citäm marea călătorie întreprinsă între 1799 şi 1804 de Alexander von Humbolt şi Aimé Bonpland. Aceşti doi călători, care au vizitat o mare parte din America spaniolă, au obţinut o recoltă excepţională de informaţii asupra faunei, florei, geografiei şi etnografiei, care au fost reunite într-o serie întreagă de lucrări, între care *Essai sur la géographie des plantes* (1805) şi cele două importante volume din *Plantae aequinoctiales...* (Paris, 1805-1818). Aceste lucrări de mare valoare deschideau o eră nouă în explorarea bogăţiilor naturale ale Americii de Sud. Totuşi ele nu trebuie să ne facă să uităm importanţa operei pionierilor, care au oferit lumii o cunoaştere destul de cuprinzătoare a acestei flore şi care au răspîndit cultura a numeroase plante folositoare.

C. BRAZILIA PORTUGHEZĂ

În timpul perioadei coloniale activitatea intelectuală din Brazilia a fost destul de restrînsă, datorită atît înfeudării puternice faţă de metropolă, cît şi dispersării centrelor sale urbane.

Politica colonială portugheză voind să suprime orice activitate intelectuală în această colonie, Brazilia nu a avut nici universitate, nici imprimerie. În secolul al XVIII-lea învățămîntul se limita încă la cel secundar, organizat de iezuiți sub forma tradițională, exclusiv literară.

Începînd din secolul al XVI-lea, cîțiva călători francezi au adus informații despre Brazilia și despre populațiile indigene tupi-guarani: acești călători au fost Thévet, care a făcut două călătorii în 1550 și 1554 și Léri, însoțitorul lui Villegaignon în insula francezilor. Portughezul G.S. Dias de Souza, care a locuit la Bahia între 1568 și 1590, instalează aici o moară de trestie de zahăr, după care începe să prospecteze mineralele și pietrele prețioase din interiorul țării; el publică un *Tratado descriptivo do Brasil*, care conține, printre altele, date importante asupra faunei și florei braziliene. Mai menționăm „descoperirea" curarei de către P.M. d'Anghera, care însoțea trupele portugheze la Bahia în 1563. În secolul al XVII-lea, între 1637 și 1644, în Brazilia olandeză ia naștere o mișcare științifică destul de strălucită, la Recife, în jurul lui Mauriciu de Nassau. Acesta a înființat un observator, o grădină botanică și zoologică; el adusese cu sine numeroși savanți, ale căror opere au fost publicate la întoarcerea lor în Țările de Jos; menționăm, printre ei, un medic din Amsterdam, Piso, care a studiat plantele medicinale și veninul cobrei și mai cu seamă pe asociatul acestuia, germanul G. Marcgrav, căruia îi datorăm o *Historia naturalis Brasiliae* (Amsterdam, 1648), lucrare de importanță capitală pentru cunoașterea plantelor și animalelor din Brazilia; el a făcut și însemnate observații topografice, meteorologice și astronomice — a observat în special eclipsa din 1640. Lucrarea citată a lui Marcgrav pune în seama unui deficit alimentar cazurile de orbire nocturnă observate la sclavii stabiliți în colonia lui Nassau. În 1643, olandezul Eeckhout a executat o serie de picturi despre populația tupi-guarani. În afară de acest centru de cultură științifică, care a dispărut o dată cu plecarea olandezilor, nu mai putem semnala decît un mic număr de studii despre flora și peisajele tropicale, făcute de diferiți savanți străini: William Dampier, în 1704, L.A. de Bougainville care s-a oprit la Rio de Janeiro în 1765, Ph. Commerson, care a adus Grădinii regale o frumoasă colecție de plante din Brazilia, și Sir Joseph Banks, care a rămas acolo pînă în 1768.

Trebuie să menționăm, în sfîrșit, că Bartholomeo Lourenço zis Gusmão(1685—1724), unul dintre precursorii aerostaticii, era brazilian născut la Santos, care a venit din Portugalia foarte de tînăr și a devenit iezuit. Experiențele sale efectuate la Lisabona, în 1709, au făcut ca el să fie considerat cîteodată precursorul direct al fraților Montgolfier. În realitate, aceste experiențe se limitau la ascensiunea, la cîțiva metri, a unui mic balon umflat cu aer cald. Atribuirea lui Gusmão a proiectului fantezist al mașinii zburătoare *Passarola*, care a a stîrnit curiozitate la începutul secolului, este eronată. Academician, preot regal, Gusmão a fost urmărit de inchiziție în septembrie 1724. El fuge la Toledo, unde moare după două luni.

Trebuie să așteptăm sfîrșitul secolului al XVIII-lea pentru a constata o reînnoire științifică în Brazilia, ca urmare a modernizării învățămîntului în Portugalia și a renașterii Universității din Coimbra, sub influența marchizului de Pombal. Mai mulți brazilieni, care și-au făcut studiile la Coimbra,

s-au reîntors cu interes pentru știință. În timp ce la Rio de Janeiro luau ființă o academie științifică și o societate literară, geograful Larceda e Almeida stabilea coordonatele a numeroase localități din Brazilia și întocmea hărțile mai multor regiuni. Botanistul Alejandro Rodriguez Ferreira, supranumit „Humboldt al Braziliei", a întreprins explorări științifice în Amazonia și a scris numeroase studii de botanică și de zoologie; manuscrisele sale, transportate, după ocuparea Portugaliei în 1808, de la Lisabona la Paris, au fost folosite de Geoffroy Saint-Hilaire.

Mineralogul Jose Bonifácio a studiat minele din Brazilia, înainte de a deveni titularul unei catedre de metalurgie la Coimbra.

Dar Brazilia era încă ținută foarte sever sub tutelă de către Lisabona; astfel guvernul portughez a interzis intrarea lui Humboldt pe teritoriul brazilian. Obligîndu-l pe prințul-regent, viitorul rege João al VI-lea să se refugieze în Brazilia, ocupația Portugaliei de către francezi avea să transforme viața coloniei. Deschisă acum comerțului cu exteriorul, Brazilia începe să sufere influențe străine. Au fost înființate numeroase instituții științifice și culturale: Imprimeria regală, grădina botanică, Muzeul regal, Colegiul medico-chirurgical, Academia militară etc.; studiile științifice și tehnice capătă un mare impuls; citățm, de exemplu, traducerea în portugheză a lucrării *Compléments d'algèbre* a lui Lacroix (Rio de Janeiro, 1813). În aceeași perioadă F. de Mello Franco publică trei tratate de foarte mare interes asupra febrelor care bîntuiau la Rio de Janeiro, asupra igienei și puericulturii.

Brazilia intra astfel în circuitul științei mondiale; cu toate acestea, cînd va deveni stat independent, îi vor mai rămîne încă multe de făcut pentru a recupera întîrzierea cumulată în decurs de trei secole.

D. AMERICA FRANCEZĂ

În cursul secolelor XVII și XVIII Ministerul Marinei, însărcinat cu administrarea Noii Franțe, constituia un centru de expansiune colonială, economică și științifică. Sarcinile sale erau complexe: navigația maritimă și oceanică, întreținerea orașelor portuare și a rețelei hidrografice, amenajarea coloniilor franceze din America.

Analiza interdependenței diferitelor componente franceze din această epocă evidențiază, ținînd cont și de ansamblul relațiilor dintre Europa și America, rolul preponderent al Ministerului Marinei în organizarea treburilor coloniale. În adevăr, el colaborează la migrația către America; stimulează cercetarea științifică și schimburile culturale și economice în lumea atlantică.

Secretarii de stat la marină, Jean-Baptiste Colbert, Louis de Phelypeaux, conte de Pontchartrain, Jean-Frédéric Phélypeaux, conte de Maurepas și de Pontchartrain, Antoine-Louis Rouillé, conte de Jouy, dau instrucțiuni speciale reprezentanților regelui în Canada cu privire la observarea unor chestiuni

de istorie naturală. Încă înainte de Lavoisier, administratorii din Noua Franță înființau adevărate ferme experimentale — printre altele, cele ale lui Jean Talon și Gilles Hocquart. Ancheta demografică a administratorului Talon poate fi privită ca una dintre primele lucrări moderne din această disciplină. Sub încurajarea lui Talon, S.-F. Daumont de Saint-Lusson, L. Jolliet, profesor de hidrografie la Colegiul din Quebec, abatele Marquette, P.-D. de Saint-Simon, abatele Albanel încep să ia cunoștință cu realitatea geografică a continentului nord-american.

Aceste fapte, și mai ales relațiile stabilite între Academia Regală de Științe, Ministerul Marinei și Jardin du Roi, prefigurează, într-un anumit sens, un centru de cercetări caracteristice unui stat modern. Tot în legătură cu acest caracter general al cercetărilor mai trebuie citate, printre altele, lucrările științifice ale lui H. L. Duhamel du Monceau, inspector de marină, și repercusiunile lor asupra Canadei; expedițiile geografice ale lui Robert Cavelier de La Salle, Louis Hennepin, Gaultier de La Vérendrye; hărțile întocmite de hidrograful regal din Canada J.-B.-L. Franquelin; colaborarea științifică realizată între cercetătorii din Noua Franță și cei din Europa, mai ales între Tournefort, Réaumur, Jussieu, Bouguer, Buffon și suedezul P. Kalm, discipol al lui Linné.

După părerea lui Marie-Victorin, autor al lucrării *Flore laurentienne*, descrierea precisă a dunelor Brion din insulele Madeleine, făcută de Jacques Cartier, ar fi putut fi foarte bine redactată în secolul nostru. Descrierile călătoriilor lui Champlain, Lescarbot sau Sagard, ca și scrisorile unor misionari adunate într-un volum cu titlul *Relations des Jésuites*, îmbogățesc prețioasele indicații cu privire la flora nord-americană.

Jardin du Roi participă la difuzarea cunoștințelor științifice dobîndite în America: G.-C. Fagon încurajează cultivarea plantelor coloniale, precum și anchetele lui P. Plumier în Antile și ale lui P. Feuillée în America de Sud. Planta carnivoră *Sarracenia* — „minunea savanei canadiene", după expresia lui Marie-Victorin — își datorează numele lui Michel Sarrazin, botanist din Quebec, aflat în relații strînse cu Tournefort și Réaumur. Lucrările în manuscris, asupra florei, ale lui Sarrazin și ale lui J.-F. Gaulthier au fost analizate de J. Rousseau.

În prima jumătate a secolului al XVIII-lea, Louisiana contribuie și ea la introducerea în Franța a plantelor americane. Scrisorile pe care Jean Prat le adresa din New Orleans lui Bernard de Jussieu la Jardin du Roi mai sînt păstrate la Muzeul național de istorie naturală. În afară de descrierea condițiilor economice-sociale ale coloniei în cursul anilor 1735-1746, ele mai dezvăluie raporturile dintre ea și ministrul Maurepas, care favoriza schimburile dintre Noua Franță și savanții din metropola franceză. Botanica forma tema dominantă a acestei corespondențe Prat-Jussieu. B. de Jussieu și P. Bouguer au analizat lucrarea lui Duhamel du Monceau asupra arborilor și arbuștilor, care conține foarte multe referințe la flora americană. Mulțumită marinei, colaborarea franco-canadiană facilitează aclimatizarea la Jardin du Roi a unor arbori originari din regiunea fluviului Sfîntul Laurențiu, din Insula Regală (astăzi insula Cape Breton), sau din Louisiana.

Împreună cu o hartă datorată lui Philippe Buache, descrierea mineralogică a Canadei, de către J.-E. Guettard, se bazează pe cercetările lui Roland-Michel Barrin de La Galissonière, guvernator al Noii Franțe, și ale lui Jean-François Gaulthier, medic și naturalist al regelui. În a sa *Histoire de l'Académie royale des Sciences* Guettard insistă asupra participării canadiene la opera sa științifică; după opinia lui D.J. Struik, el a prevăzut, în studiul său comparat al geologiei Canadei și Elveției, teoria glaciației, dezvoltată mai tîrziu.

Ameliorarea științei navale franceze își aduce roadele și în Canada: inginerul Levasseur pune în aplicare, la șantierul din Quebec, principiile matematice ale lui P. Bouguer în construcția vaselor și teoria manevrării lor. Bouguer însuși folosise observațiile astronomice ale lui M. Chartier de Lotbinière și avea cunoștință și de lucrările lui P.P.-J. de Bonnécamps, profesor de hidrografie la Colegiul din Quebec.

Meritul pregătirii expediției hidrografice din 1750-1751 în Canada a lui J.-B. Chabert de Cogolin revine lui La Galissonière, pe atunci director al depozitului de hărți și planuri al Marinei. Această misiune lămurește rolul jucat de ministrul Maurepas, pe care îl interesa corectarea hărților maritime ale epocii. Scopul său precis consta în a rectifica „hărțile coastelor Noii Scoții (Acadia), Insulei Regale și Insulei Terra Nova" și în a fixa „principalele repere prin observații astronomice". Descrierea călătoriei este publicată la Paris, în 1753, de Chabert.

Mulțumită concursului lui Chartier de Lotbinière, P. de Bonnécamps și J.-F. Gaulthier, guvernatorul Noii Franțe, La Galissonière a fost în centrul preocupărilor științifice ale teritoriilor franceze din America, în mod firesc axate pe preocupările Ministerului Marinei, Grădinii Regale și Academiei Regale de Științe. Conform instrucțiunilor date de Maurepas, La Galissonière îl invită în Canada pe botanistul suedez P. Kalm. Istorisirea călătoriei lui Kalm cuprinde foarte utile informații legate de aspectul sociologic-cultural al Canadei și de viața științifică stimulată de La Galissonière și Gaulthier.

Jurnalele de bord ale navelor regale franceze care făceau dese călătorii între Franța și Noua Franță în cursul secolelor XVII și XVIII, ca și corespondența dintre Ministerul Marinei și guvernul colonial, demonstrează existența legăturilor peste Atlantic, dintre Franța și coloniile sale din America de Nord.

Voluminoasele surse franceze în manuscris, depuse recent în Statele Unite[4], formează un ansamblu documentar de o mare bogăție, care servește ca bază, cu concursul Consiliului Canadian al Artelor, pentru elaborarea unor noi studii privind activitatea științifică din Noua Franță ca diviziune administrativă a Marinei.

Canada, sau Noua Franță din secolele XVII și XVIII, se înscrie în mișcarea generală de creștere și de difuzare a cunoștințelor științifice din domeniile hidrografiei, botanicii, mineralogiei și astronomiei nautice. Lucrarea lui John

[4] *Fondul Maurepas*: Cornell University, Ohio State University, University of Rochester, Du Pont Winterthur Museum, Delaware; *Fondul Henri-Louis Duhamel du Monceau:* American Philosophical Society, Philadelphia; *Fondul Antoine-Louis de Bougainville*: The Detroit Public Library.

W. Reps, *The Making of Urban America* (Princeton, 1965), a demonstrat că modelele unor oraşe, ca Quebec, Montreal sau New Orleans, au jucat un rol important în amenajarea urbană a Americii de Nord în perioada colonială.

E. AMERICA DE NORD BRITANICĂ

Dacă examinăm dezvoltarea ştiinţei americane în perioada premergătoare întemeierii republicii Statelor Unite, nu putem să nu fim impresionaţi de însăşi existenţa unei activităţi ştiinţifice. Am putea crede că necesităţile urgente ale unei ţări noi care trebuie croită şi modelată — construcţii de oraşe, defrişări de păduri şi crearea de terenuri cultivabile, lupte cu indienii şi războaie cu europenii, împingerea frontierei spre vest şi necesitatea imperioasă de procurare a produselor indispensabile vieţii — trebuia să fi făcut ca cercetarea ştiinţifică să fie privită ca un lux inaccesibil. Şi totuşi, în secolele XVII şi XVIII, atracţia pentru ştiinţă era atît de puternică, încît în coloniile din America au fost întemeiate societăţi ştiinţifice, s-au efectuat diferite cercetări şi Lumea Nouă a adus chiar contribuţii de prim rang.

PRIMELE DESCRIERI ALE FAUNEI ŞI FLOREI. Să fixăm ca început al studiului nostru debarcarea lui Thomas Harriot la 17 august 1585 la Wingandacoa, Virginia (astăzi Carolina de Nord), primul englez care a explorat şi a descris caracteristicile naturale ale Americii de Nord. Mai cunoscut ca algebrist decît ca naturalist, Harriot a fost trimis în Virginia ca măsurător de terenuri, investigator şi istoriograf; el a rămas în America aproape un an, reîmbarcîndu-se pentru Anglia în iulie 1586; aşadar, din primul grup, care a încercat să întemeieze o colonie britanică în America, a făcut parte şi un distins observator ştiinţific.

Reîntors în Anglia, Harriot publică *A Briefe and True Report of the New Found Land of Virginia* (48 p. in-4°, Londra, 1588), volum care a fost retipărit în 1590, cu gravuri inspirate după frumoasele acuarele făcute de John White, un tovarăş de călătorie al lui Harriot. Această carte impresionează şi astăzi prin sinceritatea şi exactitatea ei neafectată. Astfel, Harriot declară că a luat cunoştinţă de numele a 28 de animale, dar personal nu a văzut decît 12. Timp de aproape două secole descrierea cervideelor americane, dată de el, nu a fost depăşită de nimeni. Harriot cunoştea numele a 86 de păsări şi avea pictate de White 17 varietăţi terestre şi 8 acvatice. Mulţumită lui, europenii au luat cunoştinţă de existenţa a numeroşi arbori, arbuşti şi alte vegetale, precum şi a numeroşi peşti şi crustacee. El a adus în Europa răsaduri de tutun şi de cartof şi este poate primul fumător cunoscut, care a murit de cancer pulmonar. Harriot a fost urmat de alţi oameni competenţi care ne-au lăsat descrieri exacte ale regiunii, ale faunei şi ale florei de acolo. Căpitanul John Smith, ajuns la Jamestown, în 1606, a scris lucrarea *A Description of New England* (Londra, 1616), în care a dat acestei regiuni denumirea ei actu-

ală şi a descris pentru prima oară numeroase mamifere (printre care, elanul), peşti, scoici, flori, păsări şi arbori. Mai trebuie să menţionăm *New England Prospect* a lui William Wood (Londra, 1634), şi *New English Canaan* a lui Thomas Morton (Amsterdam, 1637). Abundenţa literaturii de la sfîrşitul secolului i-a permis lui John Josselyn să publice o lucrare de sinteză, *New England's Rareties Discovered: in Birds, Beasts, Fishes, Serpents and Plants of That Country*. Dar descrierile de mîna întîi, scrupuloase şi exacte, ca cele făcute de Harriot şi de Smith, sînt copleşite aici de povestiri necontrolate, scrise într-un limbaj colorat. Nu este de loc uşor de făcut deosebire între ceea ce Josselyn a compilat, a adunat sau a inventat. „Orzul, scrie el, degenerează de obicei în ovăz", atribuind astfel Lumii Noi una din fanteziile din *Istoria naturală* a lui Pliniu. De ce acceptau europenii asemenea absurdităţi? Poate pentru că Lumea Nouă, fiind foarte departe, li se părea că totul este posibil în această împărăţie exotică.

OPERA BOTANIŞTILOR AMERICANI DIN SECOLUL AL XVIII-LEA. La începutul secolului al XVIII-lea, în America se manifestă o activitate considerabilă în botanică. La interesul statornic pe care îl oferea o regiune cu plante necunoscute şi interesante se adăuga cererea, venită din Anglia, de plante noi, susceptibile de a prezenta şi un interes medical. În această epocă, agricultura constituia încă principala activitate britanică şi asistăm la înrădăcinarea în această ţară a grădinilor amenajate după modelul olandez şi la organizarea peisagistică a domeniilor. Naturalişti americani furnizau plantele folositoare căutate de britanici. Dar, departe de a fi simpli culegători de plante, aceşti naturalişti au studiat anatomia vegetalelor (mai cu seamă floarea) şi au conceput o serie de experienţe importante în domeniul fiziologiei. Prima mare realizare ştiinţifică a Lumii Noi a constituit-o seria de experienţe asupra hibridizării vegetale artificiale sau controlate. Interesul pentru producerea de asemenea hibrizi decurge din interesul pentru teoria sexualităţii plantelor, despre care se discuta atunci în legătură cu ideile prezentate de Nehemiah Grew, la Royal Society în 1676; Cotton Mather, membru al acestei societăţi, a relatat primele experienţe de hibridizare vegetală, într-o scrisoare adresată din Boston lui James Petiver la 24 septembrie 1716. El descria în ea cu claritate producţia hibrizilor de *Zea Mays* şi de *Cucurbita Pepo*, şi semnala metaxenia care o însoţeşte, precum şi apariţia caracterelor dominante. Conţinutul acestei scrisori a fost inclus în capitolul „Despre plante" al cărţii lui Mather, *The Christian Philosopher* (Londra, 1720), care, deşi conţinea încă „amendamente de inspiraţie religioasă", a fost prima lucrare de ansamblu despre ştiinţe redactată în America britanică. Mather, care accepta teoria lui Grew despre sexualitatea plantelor cu flori, vorbea de un „stil (numit, de dr. Grew, *attiore*) în care se găseşte un fel de *spermă masculă* pentru a fecunda sămînţa". Puţin mai tîrziu, Paul Dudley, procurorul general al coloniei din Massachusetts, redescoperă posibilitatea hibridizării porumbului. El descrie acest fenomen într-o manieră foarte apropiată de cea a lui Mather, într-un articol intitulat *Observations on Some of the Plants in New England, with Remarquable Instances of the Nature and Power of Vegetation* („Philo-

sophical Transactions", 1724). Acest articol, care a interesat un public foarte larg, a servit drept bază pentru două articole — *Generaţia* şi *Porumbul sau grîul indian* — din *Gardener's dictionary* al lui Miller, care a fost retipărit de mai multe ori în Anglia şi tradus în limba germană.

Alte experienţe şi mai importante au fost făcute la Philadelphia de James Logan, care venise în Pennsylvania în 1699 ca secretar al lui William Penn. Acest savant amator şi-a consacrat o bună parte din timpul său matematicii, fizicii şi astronomiei, încercînd chiar să întemeieze o ştiinţă a moralei pe baza fizicii matematice. Biblioteca sa ştiinţifică, cea mai frumoasă din America, cuprindea între altele, cele trei ediţii din *Principiile* lui Newton şi operele lui Arhimede, Euclid, Ptolemeu, Galilei, Kepler, Huygens, Flamsteed, Hevelius, Gilbert, Harvey, Leeuwenhoek, Malpighi, Linné, Grew, Boerhaave, Sydenham, Boyle, Hooke etc. De altfel, Logan a împrumutat aceste lucrări la diverse persoane, printre care Benjamin Franklin şi John Bartram. Unul dintre protejaţii săi, Thomas Godfrey, inventează, în 1730-1731, un tip de cvadrant de marină, foarte asemănător cu cel construit în Anglia de John Hadley şi descris cu un an mai înainte, la Royal Society. Inventator izolat, Godfrey nu s-a bucurat niciodată de onorurlie pe care lucrările sale le-ar fi meritat.

Dacă, contrar speranţelor lui Logan, publicaţiile sale despre optică n-au stîrnit niciodată prea mult interes, se ştie că, în schimb, experienţele făcute de el asupra ablaţiei spicelor mascule ale porumbului i-au permis să studieze reproducerea acestuia, într-un mod mai bine controlat decît se făcuse pînă atunci. O scrisoare de-a lui asupra acestui subiect, publicată în 1736, în „Philosophical Transactions", i-a adus elogiile lui Linné. O expunere completă a acestor experienţe a fost dată de el în *Experimenta et meletemata de plantarum generatione*, publicată la Leiden, în 1738, sub patronajul lui Gronovius: aceste scrieri au interesat un public larg şi au suscitat numeroase comentarii, printre care şi cel al lui Linné. O asemenea lucrare era cu atît mai importantă, cu cît sistemul de clasificare al lui Linné se baza pe analiza organelor sexuale ale plantelor; astfel experienţele lui Mather, Dudley şi Logan, în afară de importanţa lor crucială pentru studiul reproducerii plantelor, confirmau şi soliditatea noului sistem de clasificare. Trebuie să menţionăm că uşurinţa cu care se poate controla reproducerea porumbului sau a „grîului indian" a făcut din el o plantă indicată pentru studiul geneticii. Doi dintre cei trei savanţi, care au redescoperit la începutul secolului al XX-lea lucrările lui Mendel, au folosit, ca plantă de experienţă, porumbul, suprimînd spicele mascule, după metoda introdusă de Logan.

Printre ceilalţi botanişti americani din secolul al XVIII-lea, trebuie să-l menţionăm pe John Clayton, a cărui lucrare, *Flora Virginica*, a fost publicată la Leiden în 1739 de Gronovius, ajutat de tînărul Linné. Mark Catesby a studiat nu numai plantele, ci şi păsările şi animalele, pe care le-a descris şi prezentat splendid în somptuoasa sa lucrare *Natural History of Carolina, Florida and the Bahama Islands* (Londra, 1754-1771). Colectarea plantelor era adesea dificilă. Astfel, John Mitchell, prietenul lui Franklin şi al lui Linné, instalat în Virginia în 1700 — cunoscut mai ales pentru lucrarea sa *Map of the British*

and French Dominions in North America (Londra, 1755) care marchează începutul cartografiei ştiinţifice în America de Nord — şi-a pierdut în cursul călătoriei de întoarcere în Anglia, în 1746, bogata colecţie de plante pe care o adunase.

„Aş fi foarte fericit, îi scrie el lui Linné, de a vă trimite cîteva plante, dacă ele n-ar fi fost atît de masacrate de piraţi şi deteriorate de călătoria pe mare, încît, dintr-o mie de specimene, dacă mai am o floare intactă."

Linné se plînge, la rîndul său, într-o scrisoare adresată lui Haller:

„Toate plantele care mi-au fost trimise de la New York au căzut în mîinile spaniolilor, ca şi cele colecţionate de dr. Mitchell timp de mulţi ani în Virginia. El s-a întors acum în Anglia, dar e disperat. Pe aceeaşi corabie, am pierdut şi numeroase specimene şi descrieri trimise de guvernatorul Colden de la New York."

Cadwallader Colden era un medic scoţian, venit în America în 1718, care devine în mod succesiv supraveghetor general (director al serviciilor cadastrului) şi locotenent-guvernator al New Yorkului. Fiica sa Jane, prima femeie botanist din Lumea Nouă, l-a ajutat să colecţioneze plantele şi să le clasifice după metoda lui Linné. Colden a publicat o carte despre indieni şi o lucrare intitulată *Explicaţiile primelor cauze ale acţiunii în materie şi a cauzei gravitaţiei* (New York, 1743; o traducere franceză datorată lui D. Castel a apărut la Paris în 1751). Un alt naturalist american, dr. Alexander Garden, din Charleston (Carolina de Sud), a fost prietenul lui Linné, care i-a dedicat numele unei plante, gardenia. John Bartram, denumit de Linné cel mai mare „botanist natural" în viaţă, era un autodidact, un fermier devenit om de ştiinţă. El se bucura de un renume atît de mare, încît era copleşit de daruri şi onoruri din lumea întreagă. Bartram a procurat plante lui Linné şi colecţionarilor britanici şi, în mod indirect, Grădinii botanice din Paris. Într-adevăr, descurajat de pierderile suferite prin capturarea de către francezi şi spanioli a vaselor care transportau plantele în Anglia, Bartram a avut ideea să scrie pe lăzi ca, „în caz de captură", acestea să fie trimise lui Dalibard, Buffon sau Jussieu, la Paris. Încurajat de Franklin şi Logan, Bartram a descoperit şi trimis în Anglia şi în Franţa mai multe plante americane decît oricare alt explorator contemporan născut în aceste ţări. Mai mult, a făcut el însuşi studii asupra sexualităţii şi hibridizării plantelor.

Studiul botanicii era, aşadar, foarte activ în America britanică; această activitate însemna mai mult decît o simplă colectare de plante şi comporta experienţe de mare valoare asupra reproducerii acestora. Zoologia era probabil mai puţin înfloritoare. Poate că, tocmai de aceea, oameni ca Buffon sau abatele Raynal au putut să emită atît de uşor teoria după care animalele transportate din Lumea Veche în Lumea Nouă „degenerau" şi deveneau mici şi pipernicite. O formă extremistă a acestei doctrine o găsim la poetul britanic Goldsmith, care pretinde că păsările cîntătoare „degenerate" din America nu mai cîntă. Răspîndirea acestei teorii l-a determinat pe Thomas Jefferson să dispună organizarea unei expediţii care să captureze un elan şi să-l trimită la Paris, pentru a dovedi că America produce animale sălbatice mai mari decît

cele ce puteau fi găsite în Europa. Și nu încape nici o îndoială că toată partea de biologie a lucrării sale *Notes on Virginia* reflectă aceeași părere.

MEDICINA. În domeniul medical, America de Nord a adus o contribuție capitală. În 1721, în timpul unei epidemii de variolă la Boston, Cotton Mather a contribuit la introducerea practicii inoculării — care tocmai fusese prezentată în diferite publicații științifice — așa cum aceasta era practicată în China și în Turcia, și despre care Mather și alții auziseră și din descrierile făcute de negrii aduși din Africa. Cu un curaj remarcabil și ținînd piept opoziției violente a unor medici și a unei mari părți a populației, Mather a pledat cauza acestei practici noi și a reușit să convingă un medic al orașului, Zabdiel Boylston, de importanța inoculării. Membrii familiei lui Mather au fost printre primii care s-au supus acestui tratament. Această experiență făcută la Boston a oferit primul teren de încercare al practicii inoculării în condiții controlate; mai mult decît atît, raportul statistic publicat de Mather și Boylston a constituit „unul dintre primele exemple istorice de analiză cantitativă a unei probleme medicale." Boylston și Mather presupuneau, în mod just, că această practică nouă va rezista sau se va prăbuși în funcție de „calculul probabilităților" deceselor provocate de cele două tipuri de infectare: infectarea variolică naturală contractată pe cale normală și infectarea artificială provocată pacientului prin inocularea puroiului provenind de la un bolnav atins de această boală în formă benignă. Statisticile au fost atît de convingătoare, încît inocularea a devenit o practică curentă pînă la înlocuirea ei cu vaccinarea.

Deși în domeniul medical nu mai găsim un alt exemplu de o importanță comparabilă, în acest sector au existat totuși și alți cercetători. Astfel, John Lining, din Charleston (Carolina de Sud), care-și făcuse studiile medicale la Edinburgh, a trimis în Anglia prima descriere exactă, provenită din Lumea Nouă, a simptomelor febrei galbene. Studiile sale meteorologice au furnizat date prețioase, dar lucrările sale cele mai valoroase se referă la metabolismul uman și mai cu seamă la legătura dintre maladiile epidemice și condițiile meteorologice. El nota zilnic greutatea alimentelor și a băuturilor ingerate de el, precum și pe cea a diferitelor sale excremente — transpirația o evalua din variația greutății îmbrăcămintei sale — și stabilea o legătură între aceste rezultate zilnice și temperatura și vremea în ziua respectivă.

INTERESUL ACORDAT ȘTIINȚEI. Lectura predicilor rostite în decursul secolelor XVII și XVIII în America și, mai cu seamă, în Noua Anglie, permite concluzia că știința timpului era bine privită. Nu numai că în epoca aceea știința nu era considerată „o dușmană" a revelației, dar chiar și pastorii erau de părere că natura stă mărturie în sprijinul învățăturii din Scriptură — cuvîntul domnului era descoperit la fel de bine în planete, în plante și în pietre, ca și în Sfînta Scriptură. Un exemplu caracteristic al acestui punct de vedere apare într-un manual din 1726, destinat candidaților la preoție, în care se spune că „filozofia experimentală este absolut necesară pentru educarea unui pastor, ca și pentru cea a altor persoane". În această „filozofie experimentală", călăuzitorul era „incomparabilul Sir Isaac Newton".

„Ştiinţa nouă" — cea a lui Galilei, Boyle, Hooke şi Newton — a fost introdusă în învăţămîntul american de Charles Morton care, către 1675, deschisese la Newington Green, în împrejurimile Londrei, o „academie", considerată drept cea mai bună dintre şcolile pentru dizidenţii religioşi, cărora „Bill-ul Testului" (Test Act, 1673), le interzicea să dea examene la Oxford şi Cambridge. La sosirea sa în America, în 1688, Morton era la curent cu ultimele lucrări ştiinţifice engleze; el aducea cu sine un manuscris, *Compendium physicae*, care, timp de decenii, a servit drept bază a învăţămîntului ştiinţific predat la Colegiul Harvard (înfiinţat în 1636) şi apoi la Colegiul Yale (înfiinţat în 1701). Ulterior, învăţămîntul în universităţile americane a pierdut mult din coloritul său scolastic sau medieval. În 1737, interesul acordat ştiinţei este atestat de crearea din donaţie, la Harvard, a unei catedre de ştiinţe, *Hollis Professorship of Mathematics and Natural Philosophy*, a doua catedră permanentă, în ordinea vechimii, din Lumea Nouă.

ASTRONOMIA. Încă din 1659, la Harvard se preda astronomia copernicană — fapt tot atît de surprinzător ca şi înfiinţarea unui colegiu într-o ţară necivilizată la mai puţin de douăzeci de ani de la sosirea primilor colonişti. În 1672, Colegiului Harvard i-a fost oferită o primă lunetă astronomică de către guvernatorul John Winthrop, care credea, în mod greşit, că descoperise, cu ajutorul acestui instrument, un al cincilea satelit al lui Jupiter. Această lunetă a fost folosită în mod util de Thomas Brattle, ale cărui observaţii făcute asupra marii comete din anul 1680 au fost elogiate de Newton în lucrarea sa *Principiile*.

În afară de observarea cometei în 1680, principalele evenimente demne de menţionat în domeniul astronomiei sînt expediţiile organizate pentru observarea trecerilor în dreptul Soarelui ale planetei Venus, precum şi a eclipselor. Franklin îi avertizase pe concetăţenii săi despre trecerea planetei Mercur, în 1753, dar singura persoană în posesia unui instrument satisfăcător şi care s-a bucurat şi de condiţii meteorologice favorabile, în Antile, nu a făcut decît observaţii mediocre. În 1761, preotul John Winthrop, de la Harvard, al cărui prim articol ştiinţific fusese consacrat trecerii planetei Mercur din 1740, a condus prima expediţie ştiinţifică americană patronată de un colegiu; el s-a dus cu cuterul provinciei care l-a transportat împreună cu studenţii săi colaboratori, cu lunetele şi pendulele colegiului, de la Cambridge la Terra Nova, pentru a observa trecerea planetei Venus. La trecerea planetei Venus din 1769, principalele observaţii au fost opera lui William Smith şi a lui David Rittenhouse din Philadelphia.

Evenimentul cel mai important de acest gen a fost expediţia patronată în 1780 de Colegiul Harvard şi de American Academy of Arts and Sciences, din Boston, care l-au trimis pe preotul Samuel Williams, de la Harvard, să observe o eclipsă totală de Soare în golful Penobscot. America şi Anglia fiind atunci în război, şi eclipsa neputînd fi observată decît de pe teritoriul ocupat de britanici, a fost nevoie să se obţină o întrerupere a ostilităţilor pe perioada duratei observaţiilor. Ştiinţa a fost din nou „în afara luptei" în timpul răz-

boiului american pentru independenţă, cînd Franklin i-a acordat un permis de liberă trecere căpitanului Cook, care se întorcea dintr-o călătorie de explorare în Mările Sudului.

ORGANIZAREA ÎNVĂŢĂMÎNTULUI ŞTIINŢIFIC. La Harvard, singurul colegiu colonial american din secolul al XVII-lea (înfiinţat în 1636), s-a proiectat, încă din 1672, sub rectoratul preşedintelui Leonard Hoar, crearea unei grădini botanice, a unui „ergasterium" (atelier) de mecanică şi a unui „laborator de chimie pentru filozofii care voiau să-şi cultive inteligenţa prin simţuri". Dacă aceste proiecte ar fi fost realizate, America ar fi avut primul laborator de chimie pentru studenţi, din lume. După venirea lui Morton, ştiinţa modernă a fost introdusă în învăţămînt. O dată cu numirea lui, în 1727, ca prim titular al catedrei, Hollis a primit o preţioasă colecţie de aparatură ştiinţifică destinată să permită studenţilor să facă experienţe şi observaţii, colecţie care a fost îmbunătăţită şi ţinută la zi de-a lungul întregului secol. La Colegiul Yale, constituit oficial în 1701, se manifestă încă de la început un mare interes pentru ştiinţă. Se cumpără şi se construieşte aparatură ştiinţifică, iar în 1714, biblioteca se îmbogăţeşte cu donaţii făcute de diferiţi savanţi englezi, printre care Newton şi Halley, care îi dăruiesc operele lor. La colegiul „William and Mary", înfiinţat în 1693, predarea învăţămîntului universitar nu a început decît în 1710; ca şi la Princeton (înfiinţat în 1746) şi la Columbia (înfiinţat în 1754), programul de studii la colegiul „William and Mary" cuprindea şi ore de ştiinţe; cărţile ca şi instrumentele atestă importanţa acordată acestei discipline. Universitatea din Pennsylvania, întemeiată de Franklin (prima decernare oficială de diplome a avut loc în 1757), oferea şi ea un învăţămînt ştiinţific; mai mult, ea a inaugurat învăţămîntul medical oficial în America de Nord. Mai trebuie să menţionăm că la Philadelphia a fost înfiinţat, puţin mai tîrziu, spitalul din Pennsylvania, primul spital permanent american. Semnalăm, în sfîrşit, că nici în celelalte universităţi înfiinţate şi care funcţionau înainte de 1775 — Brown, recunoscută de stat în 1764, şi Dartmouth, recunoscută ca colegiu în 1769 — ştiinţele nu erau neglijate.

PRIMELE SOCIETĂŢI ŞTIINŢIFICE. Interesul manifestat pentru ştiinţe este dovedit, de asemenea, de asocierea oamenilor cu preocupări ştiinţifice comune. Prima societate ştiinţifică din America a fost Boston Philosophical Society, întemeiată în 1683 de Increase Mather, tatăl lui Cotton Mather, care însă nu a avut decît o existenţă efemeră. În 1727, Benjamin Franklin a întemeiat *Junto* (asociaţia), o asociaţie secretă, frăţească şi caritabilă, pentru „ajutorarea reciprocă a membrilor săi"; la reuniuni se discutau probleme de morală, de politică şi de fizică. În 1743, Franklin propune crearea unei societăţi cu o rază de acţiune şi o influenţă mai întinse, compusă din oameni din diferite colonii care se interesau în mod activ de ştiinţă; aşa a luat naştere American Philosophical Society. În 1769, această asociaţie a fuzionat cu o alta, născută din *Junto*, şi a primit numele oficial, pe care l-a păstrat pînă astăzi de American Philosophical Society held at Philadelphia for promoting useful knowledge (Societatea filozofică americană cu sediul în Philadelphia, pentru

sprijinirea cunoștințelor utile). Prima mare acțiune a societății reorganizate a fost observarea trecerii lui Venus în 1769. Această societate nu a avut nici o concurentă pînă în 1780, cînd a fost înființată, la Boston, American Academy of Arts and Sciences, din inițiativa lui John Adams, care auzise în Franța atîtea elogii la adresa Societății din Philadelphia, încît a stăruit asupra necesității de a se constitui una asemănătoare la Boston. Primul președinte al acestei societăți a fost un om de știință amator, guvernatorul James Bowdoin și prima activitate oficială a societății a fost aceea de a contribui la organizarea expediției trimise cu prilejul eclipsei totale de Soare din 1780, despre care am vorbit mai sus.

BENJAMIN FRANKLIN. IMPORTANȚA OPEREI SALE ȘTIINȚIFICE. Dintre toate activitățile științifice din America colonială, cele care au avut importanța cea mai mare pentru întreaga omenire au fost cercetările asupra electricității, întreprinse de Benjamin Franklin și colaboratorii săi înainte de 1750. Cunoscut mai ales pentru o anumită experiență, cea a zmeului electrizator, Franklin este primul american care a fost ales membru asociat străin, al Academiei Regale de Științe de la Paris (1773), onoare care nu a mai fost conferită nici unui alt american timp de aproape un secol, pînă la alegerea lui Louis Agassiz pentru lucrările sale făcute în Europa, înainte de emigrarea sa. Trebuie așteptată epoca lui J. Willard Gibbs (1839-1903), pentru ca America să aibă din nou un savant a cărui contribuție în domeniul fizicii să fie tot atît de importantă ca cea a lui Franklin și să se bucure de o recunoaștere tot atît de largă. Cartea lui Franklin, *Experiențe și observații asupra electricității, efectuate la Philadelphia în America*, publicată pentru prima dată în Anglia în 1751, și în traducere franceză în 1752, a fost tipărită în timpul vieții autorului în cinci ediții engleze, trei franceze (în două traduceri diferite), două germane și una italiană. Timp de mai bine de 25 de ani, aceasta a fost lucrarea cea mai citită asupra acestui subiect, și influența ei a fost atît de mare, încît chiar cei care au adoptat o teorie diferită de cea a lui Franklin, se exprimau tot în limbajul folosit de acesta pentru prima oară în electricitate: pozitiv sau plus, negativ sau minus etc.

Experiențele lui Franklin pentru demonstrarea caracterului electric al descărcării fulgerului erau foarte spectaculoase. În prima experiență pe care a conceput-o, el folosea o tijă lungă, verticală, izolată și terminată cu un vîrf ascuțit. Extremitatea inferioară a acestei tije pătrundea într-o mică cușcă, unde experimentatorul, așezat pe un taburet izolat, putea să pună în contact cu tija un fir metalic legat cu pămîntul și ținut de un mîner izolat. Franklin credea că ar fi necesar ca cușca să fie instalată într-un punct ridicat al unui edificiu și, pentru aceasta, a așteptat terminarea construirii turnului clopotniței de la Christ Church din Philadelphia. Dar, în 1752, naturalistul francez Dalibard, traducătorul cărții lui Franklin despre electricitate, a arătat că experiența reușea chiar cînd cușca era așezată la nivelul solului. Experiența a fost realizată, în lipsa lui Dalibard, la 10 mai 1752, la Marly-la-Ville, în timpul unei furtuni, de Coiffier, un fost dragon, și de preotul satului, Raulet. Descriind experiența și rezultatele ei la Academia de Științe, în ziua de 13 mai

1752, Dalibard declara: „Mergînd pe calea trasată de el (este vorba de Franklin — *N.A.*), am obţinut o satisfacţie totală". Rezultate la fel de convingătoare vor recompensa curînd eforturile lui Buffon şi Delor, Le Monnier şi Nollet în Franţa, Mylius şi Ludolf în Germania, şi Canton şi Wilson în Anglia. Se pare însă că, înainte de a fi auzit vorbindu-se de succesul francez, Franklin a conceput, în iunie 1752, o altă probă experimentală a electrizării norilor şi a naturii electrice a descărcării fulgerelor: celebra experienţă a zmeului. Importanţa acestor experienţe consta în demonstrarea faptului că fenomenele electrice nu rezultă numai din invenţia omului sau din intervenţia lui în natură, ca în cazul frecării unei bile de sulf cu o bucată de mătase, ci se produc şi în mod spontan, în natură, pe pămînt sau în nori. De aceea, începînd din acest moment, orice fizică completă trebuia să includă fenomenele electrice cu aceleaşi drepturi ca şi fenomenele mecanice, calorice, optice, magnetice sau acustice. În plus, în acest secol al luminilor, analiza fulgerului făcută de Franklin tindea să elimine credinţa superstiţioasă după care fulgerul era semnul mîniei divine. În cele din urmă, această aventură în domeniul ştiinţei pure a condus la o aplicaţie din cele mai importante, paratrăznetul, confirmînd astfel opinia lui Bacon cu privire la rezultatele practice ale oricărei ştiinţe pure corect elaborate. Acesta a fost, poate, primul caz în care o invenţie practică a rezultat dintr-o cercetare dezinteresată, al cărei singur scop era să satisfacă curiozitatea şi să facă să progreseze cunoaşterea.

Franklin era considerat, la timpul său, unul dintre oamenii de ştiinţă de prim rang, fiindcă teoria sa permitea realmente să se prevadă rezultatele manipulărilor efectuate în laborator cu aparate electrice. Cînd Franklin şi-a început experienţele, între anii 1740 şi 1750, aproape toţi autorii se plîngeau că fenomenele electrice erau mai degrabă conduse de întîmplare decît de legi. Buffon era de părere că „orice subiect privind electricitatea... era departe de a fi destul de copt pentru stabilirea unui sistem de legi, sau chiar a vreunei legi sigure, fixe şi determinate în toate circumstanţele ei".

Dar, după lucrările lui Franklin, J. Barbeu-Dubourg descria situaţia în termenii următori:

„„Făcînd distincţia între o electricitate cînd pozitivă cînd negativă şi stabilind fiecăreia locul ei precis şi caracterul ei propriu — atît cît stadiul actual al cunoştinţelor fizice o permite —, Franklin răspîndeşte lumină şi pentru prezent şi pentru viitor, şi indică drumul care trebuie urmat pentru a face noi descoperiri, pentru a le lega cu cele vechi, pentru a extinde limitele ştiinţei şi a găsi în ea, în afara agrementului, o utilitate palpabilă. El spune: *«faceţi aşa şi iată ce trebuie să se întîmple; schimbaţi circumstanţa aceea, şi iată ce va rezulta; în felul acesta veţi trage foloase din cutare lucru; în felul acela veţi preveni cutare inconvenient»*. Urmezi indicaţiile sale şi totul confirmă ideile sale, în Europa ca şi în America; şi pînă la fenomenele cereşti, totul demonstrează soliditatea principiilor pe care modestia sa nu l-a lăsat să le prezinte decît ca simple conjecturi."

Teoria lui Franklin se bazează pe postulatul despre existenţa unei materii sau a unui fluid electric unic, din care toate corpurile conţin o anumită cantitate

„normală". Electrizările apar ori de cîte ori această cantitate „normală" suferă o mărire sau o diminuare, producînd o sarcină în plus sau în minus. Dar efectele electrice apar şi ori de cîte ori distribuţia acestei materii electrice dintr-un corp conducător este modificată. După Franklin, materia sau fluidul electric se compune din particule care se resping între ele, şi care atrag şi sînt atrase de particulele materiei ponderabile. Aceste postulate îi permiteau să explice rolul contactului cu pămîntul şi al izolării faţă de pămînt în experienţele de electrostatică, precum şi efectele datorate formei conductorilor, acţiunea buteliei de Leyda (primul condensator) şi o mulţime de alte fenomene — unele proaspăt descoperite de el, altele deja cunoscute, dar destul de puţin înţelese.

Dacă examinăm opera lui Franklin din punctul de vedere favorizat de epoca noastră, rămînem impresionaţi de diversitatea fenomenelor semnalate de el şi de faptul că de foarte multe ori ne folosim încă şi astăzi de teoria sa, uşor modificată.

„După cum scria J.J. Thomson, descoperitorul electronului, „teoria lui Franklin continuă să fie de folos multora dintre noi în lucrările de laborator. Dacă deplasăm o piesă de cupru şi vrem să ştim dacă aceasta va mări sau va micşora efectul pe care îl observăm, nu ne repezim la matematica superioară, ci folosim concepţia simplă despre fluidul electric, care ne va spune, în cîteva secunde, tot ce vrem să ştim".

Din faptul că teoria lui Franklin afirmă că toate electrizările provin dintr-un transfer de materie electrică, cu alte cuvinte, că ceea ce pierde un corp este cîştigat de altul, teoria include noţiunea de „conservare a sarcinii". În toate fenomenele observate, sarcinile apar sau dispar totdeauna în cantităţi egale şi de semne opuse. Aceasta este valabil atît pentru obiectele masive, care se freacă unul de altul, cît şi la nivelul atomic sau subatomic, la generarea sau la anihilarea perechilor, fiindcă apariţia sau dispariţia unui pozitron este întovărăşită de apariţia sau dispariţia simultană a unui electron. De aceea, acest „principiu al conservării sarcinii", al lui Franklin este, ca şi „principiul conservării cantităţii de mişcare" al lui Wallis şi Newton, unul dintre marile principii ale conservării. Amîndouă subzistă ca descrieri independente ale naturii, atît în macrofizică cît şi în microfizică.

Este deci incontestabil că lui Franklin îi datorăm prima mare contribuţie ştiinţifică originală venită din Lumea Nouă.

Prima recunoaştere ştiinţifică oficială a noii naţionalităţi americane a avut loc în 1788, cînd James Bowdoin, primul preşedinte al lui American Academy of Arts and Sciences, a fost înscris pe lista membrilor străini ai lui Royal Society.

■

În lumina realizărilor secolului al XVIII-lea şi a interesului manifestat în general pentru ştiinţe, s-ar putea crede că următorii o sută de ani vor înregistra o mare activitate ştiinţifică în America. Dar o naţiune care trebuia încă să-şi

croiască frontierele în ținuturile sălbatice ale Vestului, nu putea, desigur, să producă, în același timp, și descoperiri științifice de prim rang sau savanți a căror operă să emoționeze omenirea. Abia în a doua jumătate a secolului ideile științifice de proveniență americană vor începe din nou să rețină atenția comunității științifice din lumea întreagă.

BIBLIOGRAFIE LA CAPITOLUL III

J. COMAS, *Principales contribuciones indigenas precolombinas a la cultura universal* („Cahiers d'Histoire Mondiale", t. 3, 1956).

J. REY PASTOR, *La ciencia y la técnica en el descubrimiento de América*, ed. a 2—a, Buenos Aires, 1945.

C. PEREYRA, *L'oeuvre de l'Espagne en Amérique*, Paris, 1925.

P. HENRIQUEZ UREÑA, *Historia de la cultura en la América hispánica*, México, 1947.

L. C. KARPINSKI, *Mathematics in Latin America (Scripta mathematica*, vol. 13, 1947).

A. MIELI, *La ciencia del Renacimiento*, vol. V, Buenos Aires, 1952.

J. J. IZQUIERDO, *La fisiologia en México*, México, 1934.

IDEM, *Montaña y los origines del movimiento social y cientifico de México*, México, 1954.

IDEM, *La botanique aztèque et la botanique mexicaine moderne* („Arh.int.Hist.des Sci.", t.8, 1955).

F. VERDOORN, ed., *Plants and Plant Science in Latin America*, Waltham (S.U.A.), 1945.

J. BELL Jr., *Medicine in Sixteenth Century New Spain* („Bull. of the Hist. of Medicine", t. 31, 1957).

E. BONNEFOUS și alții, *Encyclopédie de l'Amérique latine*, Paris, 1954.

M. PICÓN SALAS, *De la conquista a la independencia*, México, 1944.

R. LEVENE, ed, *Historia de América*, vol.III, Buenos Aires, 1940.

J. VICENS VIVES, ed, *Historia de España y América*, vol.III și IV, Barcelona, 1961.

E. DE GORTARI, *La ciencia en la historia de México*, México, 1963.

J. BABINI, *La evolución del pensamiento cientifico en la Argentina*, Buenos Aires, 1954.

* * * *Memorias del primer coloquio mexicano de historia de la ciencia*, 2 vol., México, 1964.

J. T. LANNING, *Academic Culture in the Hispanic Colonies*, New York, 1940.

J. M. GUTIÉRREZ, *Origen y desarrollo de la enseñanza pública superior en Buenos Aires*, ed. 1, Buenos Aires, 1868.

J. T. MEDINA, *Historia de la imprenta en los antiguos dominios españoles de América y Oceania*, 2 vol., Santiago de Chile, 1958.

J. T. REVELLO, *El libro, la imprenta y el periodismo en América durante la dominación española*, Buenos Aires, 1940.

L. C. KARPINSKY, *Bibliography of Mathematical Works printed in America through 1850*, Ann Arbor, London, 1940.

M. BARGALLÓ, *La mineria y la metalurgia en la América española durante la época colonial*, México, 1955.

A.A.MOLL, *Aesculapius in Latin America*, Philadelphia, London, 1944.

F. GUERRA, *Historiografia de la medicina colonial hispano-americana*, México, 1953.

J. B. LASTRES, *Historia de la medicina peruana*, 3 vol., Lima, 1951.

E. LAVAL, M, *Noticias sobre los médicos en Chile en los siglos XVI, XVII, XVIII*, Santiago de Chile, 1958.

R. ARCHILA, *Historia de la medicina en Venezuela. Epoca colonial*, Caracas, 1961.

A. R. STEELE, *Flowers for the King. Ruiz and Pavon and the Flora of Peru*, Durhan, 1964.
F. GUERRA, *Nicolás Bautista Monardes. Su vida y su obra (1493—1588)*, México, 1961.
F. DE AZEVEDO. *A cultura brasileira*, Rio de Janiéro, 1943.
J. DELANGLEZ, *Louis Jolliet. Vie et voyages, 1645—1700*. Montréal, 1950.
M. FILION, *Maurepas, Minister of the Navy: A New Portrait* („The Cornell Library Journal", Spring, 1967, 34—47).
IDEM, *Maurepas, ministre de Louis XV, 1715—1749*, Montréal, 1967.
R. LAMONTAGNE, *La Galissonière et le Canada*, Paris, 1962.
IDEM, *Succès d'intendance de Talon*, Montréal,1964 (Paris, C.D.U., sub titlul: *Jean Talon, agent de Colbert, premier intendant du Canada au temps de Louis XIV*).
IDEM, *Chabert de Cogolin et l'expédition de Louisbourg*, Montréal, 1964.
IDEM, *La vie et l'oeuvre de Pierre Bouguer*, Paris, 1964.
IDEM, *L'Atlantique jusqu'au temps de Maurepas*, Montréal, 1965.
IDEM, *Aperçu structural du Canada au XVIIIe siècle*, Montréal, 1964.
IDEM, *L'administration du Canada*, Montréal, 1965.
IDEM, *Ministère de la Marine — Amérique et Canada d'après les documents Maurepas*, Montréal, 1966.
IDEM, *Jean Prat, correspondant de Bernard de Jussieu* („Rapport des Archives du Quebec", t. 41, 1963).
M. DE LA RONCIÈRE, *L'amitié franco-canadienne de Jacques Cartier à Chateaubriand*, Paris, 1967.
G. MAHEU, *Bibliographie de Pierre Bouguer, 1698—1758* („Revue d'histoire des sciences", t. 19, 1966, pp.193—205).
MARIE-VICTORIN (Fr.), *Flore laurentienne*, Montréal, 1935.
J. ROUSSEAU, *Le mémoire de la Galissonnière* (sic) *aux naturalistes canadiens de 1749* („Le Naturaliste canadien", t. 93, 1966, pp.669—681).
J. C. RULE, *Jean-Frédéric Phélypeaux, comte de Pontchartrain et Maurepas: Reflections on His Life and His Papers* („Louisiana History", t.6, nr.4, 1965, pp.365—377).
C.F.C. STANLEY, ed., *Pioneers of Canadian Science*, Toronto, 1966, cap. I, LÈON LORTIE, *La trame scientifique de l'histoire du Canada*.
D. J. STRUIK, *Mathematicians at Ticonderoga* („The Scientific Monthly", t. 82, 1956, pp. 236—240).
IDEM, *American Science between 1780 and 1830* („Science", t. 129 (1959), pp.1100—1106; *ibidem*, t. 130 (1959), p. 190).
IDEM, *Les sciences en Nouvelle-France* („Le jeune scientifique", t. 5, 1967, pp. 142—144).
R. TATON, *Enseignement et diffusion des sciences en France au XVIIIe siècle* în *Istoria gîndirii*, vol. XI, Paris, 1964.
J. THÉODORIDÈS, *Les relations scientifiques entre Michel Sarrazin (1659—1734) et Réaumur* (LXXXIV-e Congrès des Sociétés Savantes, 1959).
A. VALLÉE, *Un biologiste canadien, Michel Sarrazin, 1659—1735* (sic). *Sa vie, ses travaux, son temps*, Quebec, 1927.
* * * *Les botanistes français en Amérique du Nord avant 1850* (Colocviul internațional al C.N.R.S.), Paris, 1957.
STEFAN LORANT, ed., *The New World: the First Pictures of America Made by John White and Jacques Le Moyne... with Contemporary Narratives of the Virginia Colony*, New York, 1946.
HENRY STEVENS, *Thomas Harriot, the Mathematician, the Philosopher, and the Scholar...*, London, 1900.
CONWAY ZIRKLE, *The Beginnings of Plant Hybridization*, Philadelphia, 1935.

OTHO T. BEALL Jr. şi RICHARD H. SHRYOCK, *Cotton Mather, First Significant Figure in American Medicine*, Baltimore, 1954.

BROOKE HINDLE, *The Pursuit of Science in Revolutionary America 1735 — 1789*, Chapel Hill, 1956.

WHITFIELD J. BELL, Jr., *Early American Science*, Williamsburg, 1955.

J. BERNARD COHEN, *Some Early Tools of American Science*, Cambridge, 1950.

IDEM, *Franklin and Newton*, Philadelphia, 1956.

RAYMOND J. STEARNS, *Colonial Fellows of the Royal Society* („Osiris", 1948, *8*, 73—121).

THÉODORE HORNBERGER, *Scientific Thought in the American Colleges, 1638—1800*, Austin, 1945.

* * * *Les botanistes français en Amérique du Nord avant 1850* (Colocviul internațional al C.N.R.S.), Paris, 1957.

Index de nume*

ABEL, Niels Henrik (1802—1829) 463, 471, 473, 477.
Abhandlung über die neuern Gegenstande der Chymie, de J. B. Richter 599.
A Briefe and True Report of the New Found Land of Virginia, de Th. Harriot 769.
ABULCASIS [ABŪ-L-QĀSIM] (950—1013?) 159, 175.
ABŪ-L-WAFĀ [VEFĀ'] (940—997/98) 36.
Academia din Cremona 700.
Academia imperială de Ştiinţe din Petersburg 460, 703.
Academia regală de Chirurgie (Paris) 666.
Academia regală de Medicină (Paris) 666.
Academia regală de Ştiinţe (Paris) 382, 413, 422, 459-61, 463, 477, 492, 499, 505, 513, 515-6, 518, 522, 526, 538, 558, 568, 581, 586-7, 589, 592, 611, 618, 622, 624, 663, 673, 706-7, 709, 714, 763, 767-8, 776.
Academia regală de ştiinţe (Berlin) 460 465-6, 498, 637.
Academia de Ştiinţe din Danemarca 674.
Acadia 768.
Accademia dei Lincei (Florenţa) 205, 763.
Accademia del Cimento (Florenţa) 205, 430, 526, 542-3, 548.
ACHARIUS, Erik (1757—1819) 689.
ACHILLINI, Alessandro (1463—1512) 149.
A Comparative View of the Phlogistic and Antiphlogistic Theorie (1789), de W. Higgins 600.
ACOSTA, Cristóvao (1515?—1580) 174, 191.
ACOSTA, José de (1539—1600) 174, 758, 763.
ACQUAPENDENTE — v. Fabricio d'~
Acta eruditorum (Leipzig) 255-6, 461-2.
ADAMS, John (1735—1826) 776.
ADANSON, Michel (1727—1806) 602, 606, 673-4, 681, 687, 692, 696, 706.
A Description of New England, de J. Smith (1616) 769.
ADET, Pierre-Auguste (1763—1834) 595.
Ad locos planos et solidus isagoge, de P. Fermat 231.
Adriatică, marea ~ 688.
Ad Vitellionem paralipomena quibus astronomiae pars optica traditur, de J. Kepler 53, 225, 246, 300, 321.
AEPINUS, Franz U. Th. (1724—1802) 563-4, 566, 569-70.
Afinitate, de G. de Morveau (1786) 593, 598.
Aforisme, de Hipocrat 160-1.
Africa, africani 406, 451, 664, 674, 676, 680, 696, 698, 754.
Africa de nord 423, 674.
Africa de Sud 674, 676, 697.
AGASSIZ, Louis (1807—1873) 776.
Agde 709.
AGNESI, Maria Gaetana (1718—1799) 460.
AGRICOLA [Georg BAUER] (1494—1555) 119-28, 133, 135, 139, 434.
AGRIPPA, Cornelius (1486—1536) 16, 174.
AHMAD IBN YŪSUF († c. 912) 32.
AIDA AMMEI (1747—1817) 741-2.
AIGUILLON, François d'~ (1556—1617) 484.
AILLY, Pierre d'~ (1350—1420) 82.

* Numele de persoane sînt scrise cu CAPITALUŢE, denumirile geografice, numele de şcoli sau de instituţii — cu minuscule, iar titlurile de lucrări — cu *italice*. Variantele numelor de pesoane, iar în cazul personajelor de origine chineză — transcrierea numelor cu grafia oficial adoptată în R.P. Chineză, sînt date între paranteze drepte. Atunci cînd este posibil, se specifică (între paranteze rotunde) anul naşterii şi anul morţii; datele care nu sînt decît aproximative sînt semnalate prin (c.) (*circa*), iar cînd nici această estimare nu este posibilă, se indică prin fl. (*floruit*) anul activităţii de vîrf a personajului considerat. Autorii contemporani sînt semnalaţi prin (*c.*).

AITON, William (1731—1793) 694.
Aix-en-Provence 207.
Aix-la-Chapelle 123.
AJIMA CHOKUYEN (1739—1798) 742, 745.
AKBAR, împărat mogol al Indiei (1542—1605) 751.
Alae seu scalae mathematicae, de Th. Digges 79.
ALBANEL, abatele Charles (1616—1696) 767.
Albany 711.
ALBATEGNIUS, v. AL-BATTĀNĀ
ALBERT CEL MARE [ALBERTUS MAGNUS sau SFÎNTUL ALBERT = ALBERT DE COLONIA] (1193—1280) 17, 121, 124, 126-7, 138, 168, 394.
ALBERT DE SAXA (1316?—1390) 32, 36, 99.
ALBERTI, Leo Battista (1404?—1472) 42, 484.
ALBINUS, Bernhard 649.
ALCUIN [ALBINUS FLACCUS] din Eboracum (York) (735?—804) 29.
ALDE MANUCE [ALDUS MANUTIUS], v. Manuce
ALDROVANDI, Ulisse (1522—1605) 19, 126-7 174-7, 179, 185, 209, 223, 375-82, 435.
ALEAUME [ALLEAUME], Jacques (1562—1627) 484.
ALEMBERT, Jean Le Rond d'~ (1717—1783) 456, 459, 461, 465-8, 470-2, 475-6, 481, 493-5, 497-9, 501-2, 504, 507, 513, 523, 536, 539, 559, 594, 603, 646, 712.
ALESSANDRI, Alessandro (c. 1460—1523) 121.
Alexandria 54, 434, 541.
Alexandrină (şcoala ~), alexandrini 93, 231.
ALEXANDRU DE APHRODISIAS (sec. II—III) 353.
Algebra, de Khwarizmi 30.
Algebra, de R. Bombelli (1572) 50-2, 233, 475.
Algebra, de C. Clavius 233.
Algebra, de Diofant 58.
Algebra, de J. Peletier (1554) 55.
Algebra, de J. Wallis (1685) 474.
Algeria 697.
Algorismus de integris, de P. de Beldomandi (1428) 33.
Algorithmus, de G. von Peurbach 25-6.
Algorithmus, de J. de Sacrobosco 26.
ALHAZEN [IBN-AL-HAYTHAM] (c. 965—1039) 37, 320, 324.
Almageste, de C. Ptolemeu 23, 26-7, 38, 64-6, 80.
ALMEIDA, părintele d'~ († 1805) 734, 743.
ALMEIDA, Francisco José de Larcedo e ~ (sf'rşitul sec. XVIII) 766.
ALPAGO, Andrea (1440—1521) 158.
Alpi, munţii ~ 123, 139, 160, 420, 702-3, 709.
ALPINO, Prospero 164, 171.
Altai 703.
Altdorf 421, 694.
ALI IBN 'ABBĀS AL-MAJŪSĪ († 994) 159.
Amazonia 763, 766.
Amboise 16, 697.
AMBROSINI, Bartolomeo (1590—1657) 425, 435.
AMBROSINI, Giacunto (1605—1671) 425, 435.
AMBROSINI, Giulio (sec. XVII) 425, 435.
America, americani 165, 410, 422-4, 451, 458, 607, 659, 664, 680, 695-7, 731, 753-8, 761-2, 766-8, 769-78.
— britanică 451, 560, 769-70, 772.
— Centrală 670, 753, 757.
— de Nord 560, 674, 676, 695, 753, 755-8 768-9, 772-5.
— de Sud 406, 670, 672, 674, 676, 686, 695, 753, 755-6, 762-4, 767.
— spaniolă, Indiile Occidentale 451, 753, 758-9, 762-4.
— franceză 766.
— portugheză 754.
American Academy of Arts and Sciences (Boston) 774, 776, 778.
American Philosophical Society (Philadelphia) 768, 775-6.
AMICI, Giovanni Battista (c. 1502—1538) 67-8.
Amiens 518.
Amis, insula ~ 698.
AMMAN, Jost (1539—1591) 179.
AMMAN, Paul (1634—1691) 426.
Amoenitates academicae, de C. von Linné (1749—1769) 683.
AMONTONS, Guillaume (1663—1705) 499, 544-6.
Amours et nouveaux eschanges des pierres précieuses, de R. Belleau 126.
AMPÈRE, André-Marie (1775—1836) 559.
Amrtahrdaya (Vaidūrya-sngon-po), de Rgyud-bzi 751.
Amsterdam 426, 428, 430, 765, 770.
Analemma, de Ptolemeu (1562) 54.
Anales de historia natural 688.
Analyse démontrée, de Ch. Reyneau 463.
Analyse des infiniments petits, de G. de l'Hôpital 257, 259, 462-3.
Analyst..., de G. Berkeley 465.
Anatome animalium, de G. Blaes 382.

Anatomes plantarum idea, de M. Malpighi 416.
Anatomia, de M. dei Luzzi 14, 147.
Anatomiae liber introductorius, de N. Massa (1536) 149.
Anatomia manciuriană 735, 739.
Anatomia universală a corpului uman, de A. Paré (1561) 156.
Anatomie de l'homme suivant la circulation du sang, editată de Dionis (1690) 735.
Anatomy of Plants, de N. Grew (1682) 416.
Anatomy of Vegetables Begun, de N. Grew 416.
An Attempt to Prove the Motion of the Earth from Observations, de R. Hooke 315.
ANAXAGORA DIN CLAZOMENE (c. 500—428 î.e.n.) 323.
ANAXIMENE (fl. 546 î.e.n.) 323.
ANDERSON, Alexander (1582—c. 1619) 229.
ANDERSON, Johann (1674—1743) 674.
ANDRONIC [ANDRONICOS] AL II-LEA PALEOLOGUL, împărat bizantin (1258—1332) 82.
ANDRY, Nicolas (1658—1712) 650, 667.
ANGE de Fossombrene [ANGELO DA F.] (sec. XIV—XV) 95.
Angers 707.
ANGHERA, P. M. (fl. c. 1564) 765.
Anglia, englezi 38, 44, 46, 57, 78-9, 83, 139, 148, 161, 164, 383, 396, 401, 403-4, 408-11, 420-4, 427, 431, 435, 449, 451-2, 462, 464, 479, 481-2, 484, 491, 503, 505, 507, 510, 516, 522, 526-8, 535, 542, 551, 553, 557, 559, 574-5, 577, 580-1, 586, 590, 595, 599, 604, 633, 649-51, 653-4, 656, 658, 661-9, 679, 683, 687-8, 693, 695—702, 704-5, 711, 757-8, 769-77.
ANGO, Pierre (1640—1694) 537-8.
Angola 383.
ANGUILLARA [Luigi SQUALERMO] (1512—1570) 188.
Anhuei 737, 740.
Animadiversiones, de G. W. Leibniz 217.
Animalele vii care se găsesc în animale vii, de F. Redi 384.
Annaberg 43
ANNE DE BRETAGNE (1477—1514) 163.
Annotationes anatomicae in Mundinum, de A. Achillini (1522) 149.
Annuities upon Lives, de A. de Moivre (1725) 480-1.
An sympathia partium a certa nervorum positura in interno sensorio?, de J. Astruc (1736) 641.
ANTHONITZ, Adriaan [ANTHONISZOON = METIUS] (c. 1543—1620) 227.
Anthropogeniae ichnographia, de T. T. Kerckring 389.
Antichitate, antici, 5, 13, 16, 19, 27, 29, 32, 47, 53, 55, 68, 93, 119, 126-7, 130, 132, 134, 137, 147, 165, 404, 413-4, 512, 535, 551, 570, 711, 750.
Antile, insulele ~ 406, 422, 664, 695-6, 756, 758, 767, 774.
Anvers 44, 57-8, 160-1.
Anzi, munții ~ 754-5.
AOKI BUNZO († 1769) 744-5.
Apendice algebric, de S. Stevin 61.
Apenini, munții ~ 700.
Aperçu historique, de M. Chasles 253.
APIANUS, Petrus [Peter BINEWITZ = BEBEWITZ] (1495—1552) 39, 44.
Apiarium, de F. Stelluti și F. A. Cesi 383.
APOLLONIOS DIN PERGA (c. 262—c. 180 î.e.n.) 38, 40, 53-4, 89, 227, 231, 234, 244, 246.
Apollonios Batavus, de Snellius 227.
Apollonios Gallus, de F. Viète 227.
Apollonios redivivus, de M. Ghetaldi 228.
Apologetica epistola pro defensione Arabum medicorum, de B. Unger (1533) 160.
Appalachian, munții ~ 756.
Application de l'algèbre à la géométrie, de G. Monge (1802) 488.
Application de l'analyse à la géométrie, de G. Monge (1807) 490.
APULEIUS DIN MADAUR (sec. II) 181
Arabia, arabi 23, 25-8, 38, 44, 47, 59, 66, 161, 163, 165, 175, 458, 615.
ARANZIO, Giulio Cesare (1530—1589) 156.
Ararat, muntele ~ 423.
ARBER, Agnes (1879—1960) 413.
Arcetri 205, 307.
Archiv für die Physiologie, publicație fundată de J.C. Reil (1796) 638.
ARCY, Patrick d'~ (1725—1779) 501, 565.
Ardena 125.
ARDUINO, Giovanni (1714—1795) 700.
ARETNUS, Bernardus [Bernardo ARETINO] (fl. 1554) 179.
ARGENVILLE, Antoine-Joseph DEZALLIER d'~, v. Dezallier d'Argenville
ARHIMEDE (287—212 î.e.n.) 20, 32, 36, 38, 42, 53-4, 56, 93, 105, 107-10, 113, 211, 735, 738, 771.
Aristarh, de G.P. de Roberval 272.
ARISTARH DIN SAMOS (c. 310—230 î.e.n.) 54, 67-8, 78, 272.
ARISTOTEL (384—322/21 î.e.n.) 15-7, 19, 32, 39, 53, 56, 61, 66, 68, 73, 75-7, 80, 85, 93, 96, 98, 99, 104, 107-10, 117-27, 157, 168, 173, 176-7, 181, 204, 208, 211, 213, 217, 264, 281, 303-4, 307, 322,

324-5, 338-9, 353, 370, 375-7, 379, 381, 387, 413-4, 427-8, 430, 454, 537, 540, 626, 632, 639.
Arithmetica, de Ramus (1555) 56.
Arithmeticae practicae methodus facilis, de G. Frisius (1540) 44.
Aritmethica infinitorum, de J. Wallis 243.
Arithmetica integra, de M. Stifel (1544) 45.
Arithmetica universalis, de I. Newton (1707) 474, 486.
Arithmeticorum libri duo, de F. Maurolico 53.
Arithmétique..., de P. Forcadel (1557—1558) 56.
Arithmétique... départie en trois livres... avec l'art de calculer aux jetons, de J. Trenchant (1558) 56, 58.
Arithmétique morale, de G.-L. L. de Buffon 480.
Aritmetica, de Boetius 54.
Aritmetica, de Th. Bradwardine 23.
Aritmetica, de Diofant 51, 233.
Aritmetica, de J. Nemorarius (1496) 23, 54.
Aritmetica, de J. Peletier (1549) 55.
Aritmetica de la Trevisa, autor anonim (1478) 23, 28-9, 33.
Aritmetica lui Simon Stevin din Brouges (1585) 58-9, 61, 115.
Arkaprakāsa (Lumina Soarelui) 751.
Armenia 423.
ARNALDEZ, Roger (*c.*) 390.
ARNAUD de Villeneuve (c. 1235—c. 1311) 138.
ARNAULD, Antoine (1612—1694) 482.
AROMATORI, Giuseppe DEGLI (1587—1660) 415.
AROUET, v. Voltaire.
Arras 184.
Ars conjectandi, de J. Bernoulli (1713) 479.
Arsenal, laboratorul ~ 586-7.
Ars magna arithmeticae, de Cardano 50.
Ars magna sive de regulis algebraicis, liber unus, de Cardano 50.
Art de faire éclore des oiseaux domestiques, de Réaumur 612.
Arte de los metales, de A. Barba (1640) 761.
ARTEDI, Peter (1705—1735) 679, 687.
Arte menor de arithmetica, de A. Reaton (1648) 760.
Arte para aprender todo el menor del arithmetica, sin maestro, de P. Paz (1623) 760.
Arve 702.
ARVIDSON, Johan [ARZELIUS] (1753—1837) 600.
ĀRYABHAṬA (fl. 499) 749.
ARZACHEL [AZ-ZARQĀLĪ] (c. 1029—1087) 62.
Ascension, insula ~ 423-4.
ASELLI, Gaspare (1581—1676) 392.
Ashmolean Museum (Oxford) 435.
Asia 458, 664, 676, 680.
— centrală 673, 676, 735.
— Mică 423, 674.
ASPER, Hans (1499—1571) 179.
Astrolabium, de C. Clavius (1593) 59.
Astrologia gallica, de J. B. Morin (1661) 549.
Astronomia, de C. Ptolemeu 76.
Astronomia danica, de Longomontanus 308.
Astronomia germană de G.J. Rheticus 78.
Astronomia nova..., de J. Kepler (1609) 210, 302, 305, 314.
Astronomia philolaica, de J. Boulliau (1645) 308.
Astronomicum Coesareum, de P. Apianus 44.
ASTRUC, Jean (1684—1766) 639, 641-4, 692, 706.
Asupra circulației observate în universalitatea sistemului vascular, de Spallanzani (1773) 631.
Atlantic, oceanul ~ 120, 139, 706, 768.
Atlantida 432.
Atlas 697.
AUBERT, Jacques († 1586) 126-7, 168.
AUBLET, v. Fusée-Aublet.
AUBRIET, Claude (1665?—1742) 420-3.
AUENBRUGGER, Leopold (1722—1809) 660.
Auf dem Wege zur Elementardruse als Secretionsmaschine, de L. Belloni (1966) 646.
Augsburg 28, 88, 127.
AUGUST al II-lea, regele Poloniei (1670—1733) 664.
AUGUSTIN, sfîntul ~ [AURELIUS AUGUSTINUS] (354—430) 15.
Australia 674, 676, 687, 698.
AUTOLICUS DIN PITANE [AUTOLYCOS] (sfîrșitul sec. IV î.e.n.) 53, 56.
Austria, austrieci 423, 652, 660, 667, 676, 688, 694, 760.
Auvergne 688, 707.
AUZOUT, Adrien (1622—1691) 311-2.
AVERROES [IBN RUSHD] (1126—1198) 15, 353.
AVICENNA [IBN SĪNĀ] (980—1037) 14, 124, 126, 158-60, 167.
AVILA, v. Lobera de Avila.
Avium genera, de P.H.G. Moehring (1752) 679.
AZARA, Felix de ~ (1746—1821) 764.
Azore, insulele ~ 754.
Azteci 764.

Babiloneni 187.
BACCI, Andrea (1524—1600) 123.
BACHELARD, Gaston (1884—1962) 626.
BACHET DE MÉZIRIAC, Claude-Gaspard (1581—1638) 233, 237.
BACHMANN, v. Rivinus.
BACON, Francis (1561—1626) 11, 202, 204, 206, 212-4, 218, 223, 320, 397, 541, 546-7, 777.
BACON, Roger (c. 1214—1294) 82, 138.
Baden 688.
BADIANO, Juan (fl. c. 1552) 763.
BAGFORD, John (1650—1716) 711.
BAGLIVI, Giorgio (1668—1707) 395, 401-2, 646.
Bahamas, insulele ~ 695, 771.
Bahia 755, 765.
BAILEY (sec. XVIII) 704.
BAILLIE, Matthew (1761—1823) 651.
BAILLOU, Guillaume de ~ (1538—1616) 161, 164, 403.
BAILLY, Jean-Sylvain (1736—1793) 304, 750.
BAIN (sec. XVI) 169.
BAKER, Henry (1698—1774) 616.
Balaruc 123.
BALDI, Bernardino (1553—1617) 104-5.
Bâle, v. Basel.
BALFOUR, Sie Andrew (1630—1694) 426.
BALIANI, Giambattista (1582—1666) 449.
Bamberg 29, 54.
Bamberger Rechenbuch, de autor anonim (1483) 29.
BANISTER, John (1540—c. 1610) 422.
BANKS, Sir Joseph (1743—1820) 423, 674, 698, 765.
BĂR, v. Ursus.
BARBA, Alonso Álvaro (1561—c. 1653) 761.
Barbados 696, 758.
BARBARI, Jacopo de'~ [Jacob WALCH] (c. 1440—1516) 35.
Barbaria 422, 664, 697.
BARBARO, Daniele (1513—1570) 179, 484.
BARBERINI, familia ~ (sec. XVII—XVIII) 209.
BARBEROUSSE, amiralul ~ [KHAYR AL-DĪN] (1476—1546) 168.
BARBEU-DUBOURG, Jacques (1709—1779) 557, 693, 777.
BARBEYRAC, Charles de ~ (1629—1699) 403.
BARCUSEN [BARKHAUSEN], Johann Conrad (1660—1723) 590.
BARCO, Martin DEL ~ (sec. XVI) 191.
Bareges 123, 670.
BARLOW, William († 1625) 344.
BARON D'HÉNOUVILLE, Theodor (1715—1768) 575.
BAROZZI, Jacopo [VIGNOLE] (1507—1573) 484.
BARRELIER, Jacques (1606?—1673) 421, 686.
BARRÈRE, Pierre (1690—1755) 696.
BARROW, Isaac (1630—1677) 241, 246, 250, 255, 289, 338-9, 463, 482.
BARTHÉLEMY ENGLEZUL (sec. XIII) 175.
BARTHEZ, Paul-Joseph (1734—1806) 638, 647, 657-8.
BARTHOLIN [BERTELSEN], Erasmus (1625—1698) 322, 327, 433.
BARTHOLIN, Thomas (1616—1680) 327, 334, 392.
BARTON, Benjamin Smith (1766—1815) 695.
BARTRAM, John (1699—1777) 771-2.
Bascilor, ţara ~ 179.
BASEILLAC, Jean [FRÈRE CÔME] (1703—1781) 668.
Basel 23, 38, 54, 56-7, 71, 78, 86, 127, 140, 146, 153, 156, 160-1, 166, 170, 178, 185, 411, 459-61, 465, 479, 631, 670, 711.
BASS, George (c. 1733—1769) 527.
Batavia 423, 698.
Bath 705.
BATTĀNĪ, al-~ [ALBATEGNIUS] (c. 855—929) 27-8.
BAUDELOCQUE, Jean-Louis (1745—1810) 669.
BAUDERON [BAUDEROU], Brice (1540?—1623) 166.
BAUER, Edmond (1880—1963) 349, 356, 360.
BAUER, Georg, v. Agricola.
BAUHIN, Gaspard (1550—1624) 156, 184-5.
BAUHIN, Jean (II) (1541—1612) 185, 421.
BAUMANN, Dr., v. Maupertuis.
BAUMÉ, Antoine (1728—1804) 543, 574, 589, 594, 596-7.
Bavaria 688.
BAYEN, Pierre (1725—1798) 582.
BAYES, Thomas († 1763) 480.
Bayonne 702.
Bayreuth 673.
BAZIN, Gilles-Augustin (1681—1754) 679, 691-2.
Béarn 123.
BEAUGRAND, Jean de ~ († 1640) 229, 242.
BEAULIEU, Jacques de ~ [BAULOT] (1651—1719) 408.
Beaumont de Lomagne 231.

BEAUNE, Florimond de ~ (1601—1652) 246, 256.
BECCARI, Giacomo Bartolomeo (1682—1766) 700.
BECHER, Johann Joachim (1695—1782) 363, 370.
BECKER (*c.*) 418.
BEDA VENERABILUL (673?—735) 82.
BEECKMAN, Isaac (1588—1637) 206, 270, 276.
BÉGUIN, Jean (c. 1550—c. 1620) 372, 575.
Behend und hubsch Rechnung durch die kunstreichen Regeln Algebre so gemeinicklich die Coss genennt werden, de Ch. Rudolff (1525) 43, 45-6.
Behende und hubsche Rechenung auf allen Kauffmannschafft, de J. Widmann (1489) 29.
Beiträge zur Optik, de W. Goethe (1791) 530.
BELDOMANDI, v. Prosdocimo de 'Beldomandi.
Belgia 688, 699.
BELL, Sir Charles (1774—1842) 645.
BELLARMIN, cardinalul ~ [Roberto BELARMINO] (1542—1621) 71.
BELLEAU, Rémy (1528—1577) 125-6.
BELLEFOREST, François de ~ (1530—1583) 124.
BELLINI, Lorenzo (1643—1704) 395, 398, 401.
BELLONI, Luigi (n. 1914) 646.
BELLUCI, Tommaso († 1671) 425.
BELON, Pierre (1517—1564) 122, 124, 126, 171, 178-9, 189, 381-2.
BELVEDER, Juan de ~ (fl. c. 1597) 760.
Benares 749-50.
BENEDETTI, Alessandro (c. 1460—1525) 148, 164.
BENEDETTI, Giambattista (1530—1590) 21, 52-3, 58, 78, 83-4, 96, 104-6, 107-10, 113.
BENEDICT al XII-lea, papa ~ [Jacques FOURNIER] († 1342) 16.
Bengal, golful ~ 423.
BENIVIENI, Antonio (c. 1443—1502) 155, 164.
BENOIST DE MAILLET, v. Maillet.
BENTLEY, Richard (1662—1742) 294.
BENZONI, Girolamo (1519—c. 1559) 190.
BÉRARD, Frédéric-Joseph (1789—1828) 658.
BÉRÉ, Julien (fl. 1572) 161.
BERENGARIO DA CAPRI, Giacomo (c. 1470-1550) 149-50, 152.
Bergamo 159.
Bergbüchlein, de U. von Kalbe (1505) 127, 429.
BERGEN, Karl August von ~ (1709—1760?) 649.
BERGIUS, Peter Jonas (1730—1790) 697.
BERGMAN, Jorbern (1735—1784) 564, 569, 574, 582, 589, 593-5, 597-600, 712-3.
BERKELEY, George (1685—1753) 465, 470.
Berlin 208, 460-1, 465, 498, 515, 574, 612, 637, 667.
Berna 173.
BERNARD, Claude (1813—1878) 453, 637.
BERNARDIN DE SAINT-PIERRE, Henri (1737—1814) 518, 531.
BERNARD-MAÎTRE, Henri (*c.*) 736, 740.
BERNINI, Lorenzo Gian [LE CAVALIER] (1598—1680) 179.
BERNOULLI, Daniel (1700—1782) 460, 465-6 468-9, 480-1, 496-8, 501, 505, 536, 546, 565, 624, 631.
BERNOULLI, familie de savanți din Basel (sec. XVII—XVIII) 456.
BERNOULLI, Jacques (1654—1705) 233, 259, 459, 461-2, 467, 477, 479-80, 494.
BERNOULLI, Jean (1667—1748) 233, 459, 461-2, 465, 467, 469, 475-6, 488, 496-8, 501, 518, 536, 633.
BERNOULLI, Nicolas I (1687—1759) 460, 480.
BERTHOLLET, Claude (1748—1822) 547, 587-8, 593, 596, 599-600, 669.
BERTHOLON, călugărul Pierre (1742—1800) 663, 692.
BERTHOUD, Ferdinand (1727—1807) 522.
BESLER, Basilius (1561—1629) 189.
BESSARION, cardinalul Johannes (1402—1472) 27, 65.
BESSEL, Friedrich Wilhelm (1784—1846) 520.
BÉZOUT, Ètienne (1730—1783) 472, 474.
Bhāvaprakāśa, tratat medical (sec. XVI) 751.
BIANCHI, Giovan Simone [Janus PLANCUS] (1693—1775) 700.
BIANCHINI, Giovanni († 1466) 25, 27.
Biblia 71, 81, 86, 120-1.
Bible de la Nature, de H. Boerhaave 634.
Biblioteca Universalis, de C. Gesner 19.
Biblioteci, ~ din Dresda 30; ~ din München 30; ~ națională din Paris 32; ~ Vaticanului 40, 763.
Bibliotheca botanica, de C. von Linné (1736) 683.
Bibliotheca botanica, de J.-F. Séguier 693.
BICHAT, Xavier (1771—1802) 648-51, 658.
Bienewitz, v. Apianus.
Bigorre 123.
BILLINGSLEY, Sir Henry (fl. 1551—1606) 57.
BILLY, Jacques de ~ (1602—1679) 233.

BINET, Jacques (1786—1856) 472.
BIRD, John (1709—1776) 505.
BIRINGUCCIO, Vannoccio (1480—1539?) 127, 576.
BIRKENMAJER, Ludwik A. (1855—1929) 70.
Bizanţ 23, 82, 541.
BJORNBO, Axel Anthon (1874—1911) 40.
BLACK, Joseph (1728—1799) 548-50, 573, 578-9, 588.
BLAES, Gerard [BLASIUS] (1626—1682) 382.
BLAISE DE PARMA [BIAGIO DI PARMA = = PELACANI] (c. 1350—1416) 32.
BLASTARÈS, Matthieu (sec. XIV) 82.
BLÉGNY, Nicolas de ~ (1652—1722) 411.
BLOCH, Léon (c. 1875—1947) 337.
BLOCH, Markus Elieser (1723—1799) 679.
BLOEMAERT, Abraham (1564—1651) 179.
Blois 425.
Bloombury 435.
BLUMENBACH, Johann Friedrich (1752—1840) 648, 676, 680, 702.
BOAS HALL, Marie (c.) 365.
BOBART, Jakob [ROBERT] (1598—1680) 417-9.
BOCCONE, Paolo (1633—1704) 421.
BOCK, Jerome [Hieronymus TRAGUS] (1498—1554) 182-3, 186.
BOCKSPERGER [BOCKSBERGER], Jan Jerome (fl. c. 1560—1569) 179.
BODIN, Jean (1530—1596) 18-9.
BOËCE DE BOODT [Anselm BOETIUS] (1550?—1632) 428, 433-4.
Boemia 91, 139, 688.
BOERHAAVE, Hermann (1668—1738) 421, 526, 547-8, 559, 593, 623, 627, 634, 641, 651-3, 655, 660, 683, 694, 771.
BOETHIUS, Amicius Manilius Aurelius [BOETIUS] (c. 480—524) 30, 32, 42, 54.
Bogota 759.
BOHN, Johann (1640—1718) 407.
BOISSIER DE LA CROIX DE SAUVAGES, François (1706—1767) 630, 656, 661-2, 664, 687.
Bolivia 760.
Bologna 14, 38-9, 48, 51, 53-4, 69, 123, 147, 149, 153, 156, 163, 169, 247, 375, 411, 425, 435, 510, 515, 645, 670, 694, 699—700, 763.
BOLSWERT, Boetius-Adam (c. 1580—1633) 179.
BOLTON, James (fl. 1775—1795) 688.
BOLYAI, Wolfgang Farkas (1775—1856) 483.
BOLZANO, Bernhard (1781—1848) 463.
BOMBAST VON HOHENHEIM, v. Paracelsus.
BOMBELLI, Rafael (c. 1530—1572) 19, 44, 47, 50-2, 55, 58—60, 228-9, 231, 233, 247.
BOMIER, Jean (fl. 1596) 161.
BONAMI [BONAMY], François (1710—1786) 688.
BONAMICO [BONAMICI], Francesco († 1604) 262
BONAPARTE, v. Napoleon.
BONDT, Jakob de ~ [BONTIUS] (1592—1631) 423.
BONDT, Nicolas (1765—1796) 600.
BONET, Théophile (1620—1689) 402, 404.
BONFILS DE TARASCON, Emmanuel (fl. 1340—1377) 58.
BONNÉCAMPS, părintele Pierre-Jean de ~ (1707—1790) 768.
BONNET, Charles (1720—1793) 611-5, 617-8, 620, 679, 681, 691.
BONOMO, Giovanni Cosimo († 1697) 384.
BONPLAND, Aimé (1773—1858) 764.
BONSIGLIOLI (sec. XVII) 421.
BOODT, v. Boëce de Boodt.
BORCHT, v. Van der Borcht, Pieter.
BORDA, Jean-Charles de ~ (1733—1799) 499.
BORDEU, Théophile de ~ (1722—1776) 646-7, 649-50, 657-8, 660, 670.
BOREL, Pierre (c. 1620—1670) 402.
BORELLI, Gian-Alfonso (1608—1679) 205, 216, 395, 401, 415, 538, 624, 627, 630-1, 633, 635, 638, 645-6.
BORGHI, Pietro (fl. c. 1484) 29, 47.
Borgo San Sepulcro (Toscana) 32.
BORIFACIO, José (fl. sfîrşitul sec. XVII) 766.
BORKHAUSEN, Moritz Balthazar (1760—1806) 688.
BORLASE, William (1696—1772) 678.
BORN, Ignaz von ~ (1742—1791) 712.
Borneo 383.
BOROUGH, William (1537—1598) 348.
BORREL, Jean, v. Buteo.
BORTOLOTTI, Ettore (1866—1947) 51.
BOSE, Georg Matthias (1710—1761) 557, 559, 687.
BOSKOVIĆ [BOSCOVICH], Rudzer J. (1711—1787) 495-6, 531-2.
BOSSE, Abraham (1602—1676) 234, 484.
BOSSUT, Charles (1730—1814) 499.
Boston 711, 770, 773-6.
Boston Philosophical Society 775.
Botanical Latin, de W. T. Stearn (1966) 418.
Botanicum parisiene, de S. Vaillant 421.
Botaniste français, de J. Barbeu du Bourg (1767) 693.

BOUELLES, Charles de ~ [BOVILLUS] (c. 1470—1553) 54.
BOUGAINVILLE, Louis-Antoine de ~ (1729—1811) 674, 698, 763, 765.
BOUGUER, Pierre (1698—1758) 510, 518, 528-9, 763, 767-8.
BOULDUC, Gilles-François (1675—1742) 573.
BOULIGAND, Georges (n. 1889) 259.
BOULLIAU, Ismael (1605—1694) 255, 308-9, 543.
Bourbon, insula ~ 696-8.
Bourbon-Lancy 123.
Bourbon-l'Archambault 123.
Bourbonne 123.
BOURDELIN, Claude (1621—1699) 413.
BOURGEOIS, Louise (c. 1563—1636) 409.
BOURGEOIS, comandantul Robert (1857—1945) 519.
Bourges 170.
Bourgogne 178.
BOURGUET, Louis (1678—1742) 692, 701.
BOURIGNON, Antoinette (1616—1680) 385.
BOUTROUX, Pierre (1869—1922) 281.
BOWDOIN, James (1726—1790) 776, 778.
BOYCEAU DE LA BARAUDIÈRE, Jacques (sec. XVII) 425.
BOYLE, Robert (1627—1691) 207, 279-80, 288, 356, 359, 365, 396, 433, 526, 537, 541, 545-7, 553, 575-7, 581, 584, 624, 635, 771, 774.
BOYLSTON, Zabdiel (1680—1766) 773.
BOYM, Michael (1612—1659) 423.
BRADLEY, James (1693—1762) 506, 509-10, 515, 520, 528.
BRADLEY, Richard († 1732) 687, 689-90.
BRADWARDINE, Thomas (1290—1349) 23, 30, 32.
BRAHE, v. Tycho Brahe.
BRANCA, Giovanni (1571—1640) 550.
BRANCAS DE LAURAGUAIS, Louis-Léon (1733—1824) 600.
BRAND, Hennig († 1692) 575.
Brandenburg 622.
BRANDT, Georg (1694—1768) 573-5.
BRASAVOLA, Antonio M. (1500—1555) 166.
BRATTLE, Thomas (1658—1713) 774.
BRAVO, Francisco (fl. 1570) 761.
Brazilia 134, 180, 190, 406, 422, 696, 698, 753-5, 764-6.
BRECHE, Jehan (fl. c. 1541—1553) 161.
Breda 270.
BREMEKAMP *(c.)* 184.
Brescia 48.
Brest 694.
Bretagne 163, 711.
BREYN [BREYNE], Jakob (1637—1697) 424.
BRIGGS, Henry (1561—1630) 227, 237.
BRISSON, Mathurin-Jacques (1723—1806) 675, 679-80.
BRISSOT, Pierre (1478—1522) 166.
British Museum 435, 696.
BROGLIE, Louis de ~ (n. 1892) 534.
BROSSARD, Davy de ~ (fl. 1550—1584) 189.
BROSSE, v. La Brosse, Guy de ~.
BROTERO, Felix de Avelar (1744—1828) 688.
Brouillon project d'une atteinte aux événements des rencontres du Cône avec un Plan, de G. Desargues (1639) 234, 484.
BROUNCKER, Lordul William (1620—1684) 479.
BROUSSAIS, François (1772—1838) 637, 655.
BROUSSONET, Auguste (1761—1807) 679.
BROWN, John (1735—1788) 637, 655.
BROWN, Robert (1773—1858) 687.
Brown University 775.
BROWNE, Patrick (1720?—1790) 695.
BROWNRIGG, William (1711—1800) 574.
BRUDZEWO, Albert de ~ [BRUDZEWSKI] (1445—1497) 39, 69.
Bruges 58, 111, 434.
BRUGUIÈRES, Jean-Guillaume (1750—1798) 678.
BRUNELLESCHI, Filippo (1377—1446) 484.
BRUNFELS, Otto (1489—1534) 160, 182-4.
BRUNNER, Johann Conrad (1653—1727) 398.
BRUNO, Giordano (1548—1600) 16, 24, 64, 78-80, 83-91, 216, 746.
BRUNOT, Ferdinand (1860—1938) 388.
BRUNSCHVICG, Léon (1869—1944) 217, 281.
Brunswick 432.
BRUNYER, Abel (1573—1665) 425.
Bruxelles 152.
BRYANT, Henry (1721—1799) 693.
Bstan-'gyur (Tanjur), mare colecție canonică tibetană 751.
BUACHE, Philippe (1700—1773) 768.
BUAT, v. Dubuat.
BUCH, Leopold von ~ (1774—1853) 705.
BUCHOZ, Joseph-Pierre (1731—1807) 676, 688.
BUCKLAND, William (1784—1856) 707.
BUDÉ, Guillaume (1467—1540) 160.
Buenos Aires 759.
BUFFON, Georges-Louis Leclerc de ~ (1707—1788) 176, 414, 432, 454, 461, 479-80, 528, 548, 578, 594, 602-4, 606-7, 613-5, 618-9, 673, 676-7, 679-83, 686-7,

691-2, 696, 699-700, 707-9, 712-4, 767, 772, 777.
BULLIARD, Pierre (1752—1793) 688, 693.
BUONAFEDE, Francesco (1474—1558) 188.
BUONANNI, Filippo (1638—1726) 418.
BUOT, Jacques († c. 1677) 254.
BURCHARD, Johann Heinrich (1676—1738) 687.
BÜRGI, Jost (1552—1632) 87, 226, 237.
BURMAN, Johannes (1707—1779) 423, 697.
BURMAN, Nikolaus Laurens (1733—1793) 697.
BURSER, Joachim (c. 1593—1649) 421.
BURTT, Edwin Arthur *(c.)* 292.
BUTEO, Johannes [Jean BORREL] (1492?—1572) 55.
BUTTERFIELD, Herbert (n. 1900) 203.
BUXBAUM, Johann Christian (1693—1730) 688, 697.

Cabala 19, 140.
CABANIS, Georges (1757—1808) 623.
CABEO, Niccolo (1586—1650) 346, 353, 357-8, 360, 553.
CABOTTO, Giovanni [Jean CABOT] (1450—1498) 757.
CABOTTO, Sebastiano [Sebastien CABOT] (1474?—1557) 757.
CABRAL, Pedro Álvarez (1460?—1526) 754.
CA'DA MÓSTO, Alvise (1432—1488) 190.
Caen 366.
CAESIUS, Bernardus [Bernardo CESI] (1581-1630) 124.
Cairo 126.
CAIUS, John (1510—1573) 174.
Călătorii în Toscana, de Targioni (1751—1752) 700.
CALBUS, v. Kalb, Ulrich von ~.
CALCAGNINI, Celio (1479—1541) 68.
CALCAR, v. Van Calcar.
CALDANI, Leopoldo Marco Antonio (1725—1813) 645.
Caldeea 79.
Calendrium florae, de C. von Linné 692
California 516, 753, 761.
CALLIPPOS (fl. c. 330 î.e.n.) 67.
CALLISEN, Heinrich (1740—1824) 666.
CALVIN, Jean (1509—1564) 159-62.
CALZOLARI, Francesco [CALCEOLARIUS] (1522—1609) 186, 435.
Cambodgia 697.
Cambridge (Marea Britanie) 207, 250, 269, 282, 288-9, 314, 411, 419, 459, 491, 774.
Cambridge (S.U.A.) 774.
CAMELLI, v. Kamel.
CAMERARIUS, Joachim cel Bătrîn (1500—1574) 65.
CAMERARIUS, Joachim cel Tînăr (1534—1598) 189, 191.
CAMERARIUS, Rudolph Jakob (1665—1721) 389, 412, 415-8, 683, 689.
CAMERER, Alexander [CAMERARIUS] (1695-1736) 415.
CAMPANELLA, Tommaso (1568—1639) 126, 176.
CAMPANUS DE NOVARA [GIOVANNI DA NOVARA = CAMPANUS] (a doua jumătate a sec. XIII) 23, 25, 35, 51, 54.
CAMPER, Pieter (1722—1789) 648, 680, 712.
CAMUS, François Joseph de ~ (1672—c. 1732) 499.
Canada, canadieni 422, 695, 756-8, 766-8.
Canalul Mînecii 431.
CANANO, Giambattista (1515—1579) 150-2, 156.
CANNAPPE [CANAPE], Jean (fl. 1542) 161.
Canare, insulele ~ 190, 698.
Candia 423.
CANDOLLE, Alphonse de ~ (1806—1893) 764.
CANDOLLE, Augustin Pyramus de ~ (1778-1841) 687.
CANGUILHEM, Georges (n. 1904) 393, 550, 651, 654.
Canon mathematicus, de F. Viète 225.
Canonul, de Avicenna 14, 124, 160.
Canton 697, 737.
CANTON, John (1718—1772) 564, 777.
CAPELLA, Martianus (fl. 470) 73.
Capua 70.
Capul Breton 756, 767-8.
Capul Bunei Speranţe 423, 515-6, 521, 697-8.
Capul Verde 698.
Caracas 695.
Caraibe 175, 696.
CARANGEOT, Arnould (1742—1806) 713.
CARDANO, Gerolamo (1501—1576) 16, 17, 45—52, 55, 60, 104-5, 110, 118-22, 162, 164, 168, 210, 228, 231, 237, 358, 481, 576.
CÁRDENAS, Juan de ~ (c. 1563—1609) 761, 763
Carslbad 123
CARMINATI, Bassiano (1750—1830) 629.
CARNEIRO, Melchior (1519—1583) 171.
Carnete, de Leonardo da Vinci 37, 66, 138.
CARNOT, Lazare (1753—1823) 485, 499-500.
CAROL I, regele Angliei (1600—1649) 389.
CAROL AL II LEA, regele Angliei (1630—1685) 298, 313.

CAROL AL III LEA, regele Spaniei (1716—1788) 754, 759, 763.
CAROL AL VIII-LEA, regele Franței (1470—1498) 165.
CAROL AL IX-LEA, regele Franței (1550—1574) 124.
Carolina 694-5, 769, 772-3.
CAROL QUINTUL, împărat (1500—1558) 152, 166.
CARRÉ, Louis (1663—1711) 463, 536.
Carte de conturi a prințului, după tip italian, de S. Stevin (1608) 58.
Cartello di sfida, de L. Ferrari (1547) 50.
CARTHEUSER, Johann Friederich (1704—1777) 693.
CARTIER, Jacques (1491—1557) 164, 755-6, 767.
CASCIOROLO [CASCARIOLO], Vincenzo (fl. 1602—1604) 528.
Caspică, marea ~ 703.
CASSEGRAIN, N. (sec. XVII) 316.
CASSINI, familie de astronomi francezi 519, 750.
CASSINI, Jacques (1677—1756) 518-9, 538.
CASSINI, Jean-Dominique (1625—1712) 308, 310-2, 317, 510, 515, 518.
CASSINI, Jean-Dominique de ~ (1748—1845) 519.
CASSINI DE THURY, César-François (1714—1784) 510, 515, 518-9.
Cassis 677.
CASTEL, Louis-Bertrand (1688—1757) 531.
CASTELLI, Benedetto (1577—1644) 248, 306.
CASTELLI, Pietro (1570—1657) 421, 425.
CASTILLON, Giovanni Francesco (1708—1791) 485.
Castle of Knowledge, de R. Recorde (1556) 78.
Castres 231.
CATALDI, Pietro Antonio (1548—1626) 247-8.
Catalogue du jardin des Apothicaires 694.
Catalogus plantarum Sicularum, de F. Cupani (1692) 421.
Catalonia 420.
CATELAN, abatele François de ~ (fl. 1675—1710) 286.
CATESBY, Mark (1682—1749) 672, 695, 771.
Cathay (numele medieval al Chinei) 164.
Catoptrica, de Euclid 320.
Caub, v. Cuba.
Caucaz 703.
CAUCHY, Augustin (1789—1857) 463-4, 470, 472, 475.
CAUS, Salomon de ~ (1576?—1626) 484, 550.
Cauterets 123.
CAVALIERI, Bonaventura (1598—1647) 227, 234, 241-5, 248.
CAVALLINI, Federigo Filippo (fl. c. 1689) 422.
CAVANILLES, Antonio José (1745—1804) 688.
CAVELIER DE LA SALLE, v. La Salle.
CAVELLAT, G. (fl. c. 1557) 178.
CAVENDISH, Lordul Charles (c. 1703—1783) 544.
CAVENDISH, Henry (1741—1810) 556, 565-70, 579, 586, 589.
CAVENDISH, Thomas (1555—1592) 164.
Cayenne 515-7, 763.
CAYLEY, Arthur (1821—1895) 472.
CELAYA, Jean de ~ [JUAN] (fl. c. 1517) 106.
CELLINI, Benvenuto (1500—1571) 484.
CELS, Jacques-Philippe-Marie (1740—1806) 694.
CELSE [Aulus Cornelius CELSUS] (sec. I) 160, 408.
CELSIUS, Andrea (1701—1744) 544.
CENNINI, Cennino (c. 1370—c, 1440) 133-4, 138.
Cerebri anatome de Th. Willis (1664) 632.
CESALPINO, Andrea [CAESALPINUS] (1519—1603) 15, 121, 158, 391, 412, 418-9, 576, 683.
CESI, Federico Angelo (1585—1630) 307, 383, 422.
CESTONI, Giacinto (1637—1718) 384.
CEULEN, v. Van Ceulen.
CEVA, Giovanni (1648—1734) 485.
Ceveni, munții ~ 185.
Ceylon 423, 697.
CHABERT, Joseph-Bernard de ~ (1724—1805) 768.
CHAMBERLAIN, Hugh (1664—1728) 409.
CHAMBERLAIN, Peter (1601—1683) 409 .
Champagne 139.
CHAMPIER, Symphorin (1472—c. 1538) 160-2, 189.
CHAMPLAIN, Samuel (c. 1570—1635) 756, 767.
Chantilly 173.
CHAPTAL, Jean-Antoine (1756—1832) 586.
CHARAS, Moyse (1619—1698) 400, 735.
Charcas 759.
CHARDENON, Jean-Pierre (1714—1789) 588
CHARLES, Jacques-Augustin-César (1746—1823) 545-6, 586.

Charleston 772-3.
CHARLEVOIX, P. François-Xavier de ~ (1682—1761) 695, 697.
CHARTIER DE LOTBINIÈRE, Michel (1723—1799) 768.
Chartres 706.
CHASLES, Michel (1793—1880) 253.
CHÂTELET, Émilie LE TONNELIER DE BRETEUIL, marchiza de ~ (1706—1749) 454, 492, 504.
CHAULIAC, Guy de ~ († c. 1368) 147, 161, 407.
Chaumière indienne, de Bernardin de Saint-Pierre (1791) 518.
Chaumont-en-Vexin 706.
Chekiang 737, 739-40.
Chelsea 694, 696.
CHEMNITZ, Johann Hieronymus (1730—1800) 678.
CH'ENG PAI-EUL (sec. XVIII) 738.
CHÉRON, N., v. Incarville.
CHÉRUBIN d'Orléans, părintele ~ [Michel LASSÉRÉ] 320.
Chesapeake, golful ~ 757.
CHESELDEN, William (1688—1752) 650, 667.
CHEYNE, George (1671—1743) 401, 634.
CHIARINI, Giorgio (fl. c. 1481) 34.
CHIARUGI, Vincenzo (1759—1820) 664
Chile 695, 753, 756, 763-4.
China, chinezi 44, 133, 164-6, 406, 423-4, 451, 661, 674, 697, 733-41, 743, 745, 750, 755, 773.
Chios, insula ~ 124-5.
Chirurgia magna, de G. de Chaulian 147, 161.
CHLADNI, Ernst F. Friedrich (1756—1827) 537-8.
CHOMEL, Pierre (1671—1740) 693.
CHOPART, François (1743—1795) 667.
Chouei-tao t'ikang (Descrierea completă a rîurilor și a digurilor), de Ts'i Chao-nan 739.
CHRISTIAN al IV-lea, regele Danemarcii și al Norvegiei (1588—1648) 91.
Christianismi Restitutio, de M. Servet (1553) 390.
Christian Philosopher, de C. Mather (1720) 770.
CHRISTIN, Jean-Pierre (1683—1755) 544.
CHRISTINA, regina Suediei (1626—1689) 208.
CHRYSOLARAS, Manuel [KHRUSOLORAS] (c. 1350—1415) 14.
CHUQUET, Nicolas (fl. 1484) 23, 30-3, 44-5, 49, 52, 55-6
Chyrommantiae... anastasis, de B. della Rocca (1504) 163.
CIBO, Gherardo (fl. c. 1530—1540) 182.
CICERO, Marcus Tullius (c. 106—c. 43 î.e.n.) 14-6.
CLAIRAUT, Alexis-Claude (1713—1765) 459, 465-7, 469-71, 483, 487-8, 492, 496-8, 504, 507, 513, 519, 523, 528, 594.
CLARKE, Samuel (1675—1729) 491-2.
Clasificarea și descrierea terenurilor, de A.G. Werner 704.
Classes plantarum, de C. von Linné (1738) 683.
Classical Roots of Glisson's Doctrine of Evolution, de Owsei Temkin (1964) 636.
CLAUDIU I, împărat roman (10 î.e.n.—54) 711.
CLAUDE D'ABBEVILLE [Firmin FOULLON] († 1632) 422.
CLAVIUS, Christoph [Christoph KLAU] (1537—1612) 52-4, 59, 80, 82, 253.
CLAYTON, John (1694—1773/74) 683, 695, 771.
CLEMENT al IV-lea, papa ~ [Guy FOULQUES] (c. 1200—1268) 82.
CLEMENT al VII-lea, papa ~ [Jules de MÉDICIS] (1478—1534) 70, 149, 171.
Clermont-Ferrand 124, 707.
CLERSELIER, Claude (1614—1684) 282.
CLEYER, Andreas (fl. c. 1680) 423.
CLIFFORD, Gerard George (1685—1760) 683.
CLUSIUS, v. L'Écluse, Charles de ~.
CLUYT, Outgaerts (1577—1636) 423.
Cochinchina 697.
COCLES, v. Della Rocca, Bartolomeo.
CODRONCHI, Giovanni Battista (1547—1628) 407.
COHEN, J. Bernard (n. 1914) 560.
COIFFIER (sec. XVIII) 776.
Coimbra 39, 57, 765-6.
COITER, Volcher (1534—c. 1590) 157, 164.
COLBERT, Jean-Baptiste (1619—1683) 208, 756, 766.
COLDEN, Cadwallader (1688—1776) 772.
COLDEN, Jane (1724—1766) 772.
COLE, William (1635—1716) 401.
Colegii: ~ Cardinal-Lemoine 714; ~ de chimie (Paris) 666; ~ de chirurgie (Paris) 666, 671 ~ Columbia 775; ~ Darthmouth 775; ~ Harvard 774-5; ~ La Fleche 54; ~ medico-chirurgical (Berlin) 667; ~ din Montpellier 666; ~ din Napoli 382; ~ Princeton 775; ~ din Quebec 767-8; ~ Regal (Paris) 39, 55-6, 156, 160, 170; ~ Saint-Côme (Paris) 407, 666; ~ Saint-

Luc 170; ~ din San Francisco 759; ~ San Ildefonso 759; ~ Societăţii lui Isus (Roma) 54; ~ din Thalteloco 758, 763; ~ „William and Mary" 775; ~ Yale 774-5.
Colecţia matematică, de Pappus 54.
COLIGNY, Gaspard de ~ (1519—1572) 191, 755.
COLIN, Antoine (fl. c. 1610) 191.
COLIN, Sébastien (c. 1519—c. 1575) 161.
COLLAERT, Adriaan (c. 1580—1634) 178-9.
COLLE, Giovani Francesco (1558—1631) 410.
College of Physicians 148.
Collegium poetarum et mathematicorum 39.
COLLINS, Daniel (fl. c. 1663) 427.
COLLINS, Samuel (1618—1710) 382.
Collioure 518.
Colonia 410. V. Köln.
COLOMBO, Realdo (1516—1559) 155, 157-8, 388, 390.
COLUMB, Cristofor [Cristoforo COLOMBO = Cristóbal COLÓN] (1450—1506) 165, 189, 753, 757.
COLONNA, Fabio (1567—1650?) 121, 191, 418.
COLOT, François († 1706) 408.
COLOT, Laurent (c. 1520—1590) 408.
COLOT, Philippe (1593—1656) 408.
COLSON, John (1680—1760) 251.
COLUCCIO SALUTATI. v. Salutati.
Columbia 764, 775.
CÔME, fratele ~, v. Baseilhac.
Comentariu, de A. Brudzewski 69.
Comentariu, de Eutokios 40.
Comentariu, de Proclos 38.
Comentariu al cărţii lui Iov, de D. de Zuniga 81.
Cometografia, de Hevelius 309.
COMMANDINO, Federico (1509—1575) 35, 38, 52-4, 57, 484, 541.
COMMELIN, Jan [JOHANNES] (1629—1692) 421, 423, 425-6.
Commentara super anatomia Mundini, J.B. da Carpi (1521) 149.
Commentarii in sphaeram, de C. Clavius (1570) 81.
Commentariolus, de N. Copernic 70, 73.
Commentarium seu paraphrastica..., de J. Werner 40.
Commercium epistolicum (1712) 463-4.
COMMERSON, Philibert (1727—1773) 674, 698, 765.
Comore, insulele ~ 697.
Compania, ~ Indiilor de Vest 583, 696; ~ Orientală 423.
Compendium physicae, de Ch. Morton 774.
Compléments d'algèbre, de S.-F. Lacroix (1813) 766.
Conciliu, concilii, ~ de la Constance (1414) 82; ~ din Florenţa (1428) 16; ~ de la Latran (1512) 82; ~ de la Niceea 82-3.
CONDILLAC, Étienne BONNOT DE ~ (1714—1780) 483.
CONDORCET, Marie-Jean-A.-N. CARITAT DE ~ (1743—1794) 480-1.
CONFUCIUS (c. 551—c. 479 î.e.n.) 740.
Conice, de Apollonios 210.
Connaissance des temps ou des mouvements célestes 312.
CONRART, Valentin (1603—1675) 208.
Considérations sur la marche des idées..., de A.-A. Cournot 648.
Consiliul canadian al artelor 768.
Consiliul Indiilor 753-4, 762.
Constance (Elveţia) 82.
CONSTANTIN, Robert (1530?—1605) 188.
CONSTANTIN AFRICANUL [CONSTANTINUS AFRICANUS] (c. 1015—1087) 159.
Constantinopol 14, 23, 423.
Construction, de J. Neper (1619) 59.
Construction et usage d'une balance électrique..., de Ch.-A. Coulomb (1785) 568.
CONTI, abatele ~ [Antonio SCHINELLA] (1677—1749) 256.
Contrareformă 649.
CONYBEARE, William Daniel (1787—1857) 707.
CONYERS (sec. XVII—XVIII) 711.
COOK, James (1728—1779) 674, 697-8, 763, 775.
COOLIDGE, Julian Lowell (1873—1954) 35.
COP [KOPP], Guillaume (c. 1450—1532) 160.
Copenhaga 86, 88, 91, 426, 430, 433, 507, 666.
COPERNIC, Nicolaus [Nikolaus COPPERNICUS = KOPERNIK Mikolaj] (1473—1543) 14, 16, 17-9, 21, 24, 39, 64, 66-81, 83-91, 94, 146, 263, 265, 306-7, 452, 744.
COPERNIC, Nicolaus, tatăl (sec. XV) 68.
CORDEMOY, Géraud de ~ (1628?—1684) 394.
CORDIER, Mathurin (1479—1564) 14.
CORDUS, Enricius (1486—1535) 188.
CORDUS, Valerius (1515—1544) 166, 186, 188.
Corespondenţa lui M. Mersenne 208.
CORIOLIS, Gaspard-Gustave (1792—1843) 500.
CORNARIUS, Janus [Johann HAGENBLUT] (1500—1558) 160.
CORNARO, Luigi [CORNARIUS] (1475—1566) 165.

CORNUT, Jacques-Philippe (c. 1606—1651) 415, 421.
COROLIANUS, Christoph (fl. c. 1599) 179.
Corollarium Institutionum rei herbariae, de J.-P. de Tournefort (1703) 420.
CORONEL, Luiz (fl. c. 1511) 96.
CORROZET, Gilles (1510—1568) 45.
Corsica 421-2.
CORTI, Bonaventura (1729—1813) 692.
CORVISART, Jean-Nicolas (1755—1821) 660.
Cosmografia, de Petrus Apianus 44.
Cosmographia, de F. Maurolico (1543) 53.
COSTABEL, Pierre *(c.)* 534.
COSTE, Pierre (1668—1747) 331, 333.
COTES, Roger (1682—1716) 459, 464, 467, 476, 481, 485, 491.
COUDER, André (n. 1897) 315.
COULOMB, Charles-Augustin (1736—1806) 358, 499, 556, 559, 563, 566-70.
COURNOT, Antoine-Augustin (1801—1877) 648.
Cours de botanique, de N. Jolyclerc 693.
Cours de matière médicale, de A. de Jussieu (1722) 693.
Cours de philosophie experimentale de J.-Th. Desaguliers 557.
COUSIN, Jacques-A.-J. (1739—1800) 586.
COVOLO, Giambattista dal ~ (1739—1768) 692.
COWPER, William (1666—1709) 631.
COYTARD, Jean († 1590) 164.
CRABTREE, William (1610—1644?) 312.
Cracovia 38-40, 68-9.
CRAIG, John (c. 1660—1731) 461. 463.
CRAMER, Gabriel (1704—1752) 472, 474, 486-7.
CRANTZ, Heinrich J. N. von ~ (1722—1799) 687.
CRATO von KRAFFTHEIM, Johann (1519—1585) 166.
CRELL, Lorenz F.F von ~ (1744—1816) 590.
Cremona 38, 64, 159, 700.
CREMONINI, Cesare (c. 1550—1631) 15.
CRESTONE, Giovanni (sec. XV—XVI) 160.
Creta, insula ~ 125, 190.
CREVECOEUR, Michel-G.-Jean de ~ (1735-1813) 694.
Critica botanica, de C. von Linné (1737) 683.
CRONSTEDT, Axel Fredrik (1722—1765) 574, 712.
CROONE, William (1633—1684) 637.
Croonians Lectures, de la Royal Society 637.
Cruciade, cruciaţi 160, 164.
CRUGER, Simon († 1760) 666.
CRUZ, v. De la Cruz, Martin.
Cuatro libros de la naturaleza y virtudes de las plantas, de F. Ximenez (1615) 762.
Cuba 754.
CUBA [CUBE] Johannes von ~ [Johann Wonnecke de KAUB] († 1503/4) 179.
Cugetări, de B. Pascal 281.
Culesul mătăsii, de O. de Serres (1599) 424.
CULLEN, William (1710—1790) 653-5, 664.
Cum văd lumea, de A. Einstein 302.
CUNAEUS (fl. c. 1746) 558.
CUNNINGHAM, James († 1709?) 423.
CUPANI, Francesco (1657—1710) 421, 425.
CUREAU DE LA CHAMBRE, v. La Chambre.
Curs de chimie, de N. Lémery (1675) 367.
CUSANUS, Nicolaus [Nikolaus von CUES] 6, 23-5, 30, 36-7, 45-6, 54-5, 63-4, 66, 68, 76, 82, 84, 93-5, 99, 158, 395, 414.
CUVIER, Georges (1769—1832) 603, 678-9, 707, 712.

DA COI, Zuanne de TONINI (fl. c. 1530—1537) 48.
DALANCÉ [D'ALENCÉ], Joachim († 1707?) 543.
DALE, Samuel (1650—1739) 425.
DALÉCHAMPS, Jacques (1513—1588) 182, 185.
DALIBARD, François, zis Thomas-François (1709—1779) 564, 772, 776-7.
DALLA TORRE, v. Della Torre.
DALTON, John (1766—1844) 370, 599-600.
DAMIAN, sfîntul ~ 163
DAMIANUS [DAMIEN] (sec. IV) 320.
DAMPIER, William (1652—1715) 424, 674, 765.
Danemarca, danezi 16, 80, 86, 88-9, 167, 392, 421, 427, 475, 506, 650, 664, 666, 674, 676-7, 688, 697.
DANIIL, profetul ~ 45.
DANJON, André (1890—1967) 312.
DANTI, Egnazio (1536—1586) 484.
Dantzig 673.
DA ORTA, Garcia, v. Garcia da Orta.
DAREMBERG, Charles-Victor (1817—1872) 623.
Dartmouth 775.
DARWIN, Charles (1809—1882) 414, 609, 682, 690.
DARWIN, Erasmus (1731—1802) 609, 611.
Das entdeckte Geheimnis der Natur..., (Misterul naturii dezvăluit), de K. Sprengel (1793) 690.
DAUBENTON, Louis (1716—1800) 604, 673, 677, 714-5.
DAUBRÉE, August (1814—1896) 428.
DAUJAT, Jean *(c.)* 348, 359.
DAUMAS, Maurice *(c.)* 7, 547.

DAUMONT DE SAINT-LUSSON, Simon-François (+ 1677) 767.
Dauphiné 688, 707.
DAVID, Jean-Pierre (1737—1784) 668.
DAVIEL, Jacques (1696—1762) 668.
DAVY, Sir Humphry (1778—1829) 547, 590, 601.
De aequationum recognitione emendatione, de F. Viète 228.
De analysis peraequationes numero terminorum infinites, de I. Newton (1669) 250.
De anima brutorum, de Th. Willis (1672) 394, 641.
De arte atque retione navigandi, de P. Nuñez (1573) 57.
De arte magna sive de occulta parte numerorum..., de G. Gosselin (1577) 56.
De arti supputandi libri quatuor, de C. Tunstall (1522) 57.
DEBEAUNE, Florimond, v. Beaune, Florimond.
Decean 749.
De chimia vegetabilium, de C. Riche (1786) 692.
De circulatione sanguinis et chyli motu, de J. Pecquet 392.
De circuli magnitudine inventa, de C. Huygens 227.
De coelo, de Aristotel 39.
De conciliatione locorum Galeni, de J. Peletier (1560) 161.
De corporo animato, de J.-B. Duhamel (1673) 394.
Découvertes... sur la lumière constatées par une suite d'experiénces nouvelles..., de J.P. Marat (1780) 530.
De crepusculis liber unus, de P. Nuñez (1542) 57.
De'crostacei et degli altri marini corpi che si trouvano su'monti, de A.-L. Moro (1740) 700.
DEE, John (1527—1608) 57, 79.
De effervescentia et fermentatione, de Jean Bernoulli (1690) 633.
De expetendis et fugiendis rebus, de G. Valla 36, 42.
Defensio Avicenna, de Lorenz Fries 160.
De fibra motrice et morbosa, de G. Baglivi (1701) 646.
De florum cultura, de G.B. Ferrari (1633) 425.
De formatione intestinorum, de C.-F. Wolff (1768) 613.
De fructibus et seminibus plantarum, de J. Gartner (1789—1794) 687.
De functionibus systematis nervosi commentatio, de G. Prochaska (1784) 643.
DE GEER, Charles (1720—1778) 679.
De geometria recondita et analysi indivisibilium atque infinitorum, de Leibniz (1686) 256.
DE GRAAF, Reinier (1641—1673) 389, 398.
De habitationibus, de Theodorios 53.
De historia piscium, de F. Willoughby 381.
De humani corporis fabrica libri septem, de A. Vesalius (1543) 17.
DEIDIER, Antoine (c. 1696—1746) 650, 661.
DEIMAN, Johann Rudolph (1743—1808) 600.
DEKKERS, F. (sec. XVII) 408.
DE LA CRUZ, Martin (fl. c. 1552) 763.
De l'âme de bêtes, de A. Dilly (1676) 394.
De la nature, de J.-B. Charles Robinet (1766) 609.
DELARBRE, Antoine (1724—1807) 688.
De latitudine formarum, prelucrare după N. Oresme 23.
DELAUNAY, Paul (1878—1958) 117, 139, 147, 399.
DE LE BOË, François sau Frans [SYLVIUS] (1614—1672) 400, 402, 573, 625, 627, 652-3, 660.
Delft 206.
Delhi 750.
DELLA PORTA, Giambattista (1534/35—1615) 163, 550.
DELLA ROCCA, Bartolomeo [COCLÈS] (1467-1504) 163.
DELLA TORRE [TURRIUS], Giovanni Battista (sec. XV—XVI) 67.
DELLA [DALLA] TORRE, Marc Antonio (c. 1478—1511) 67, 148.
DEL MONTE, v. Monte.
DELOR (fl c. 1752) 777.
De l'origine des fontaines, de P. Perrault (1674) 430.
DEL RIO, Andrès Manuel (1764—1849) 761.
DE LUC, Jean-André (1727—1817) 543-4, 702.
De ludo aleae, de G. Cardano 51.
De ludo geometrico, de Leonardo da Vinci 37.
De Lumine, de F. M. Grimaldi 322.
De magnete, de W. Gilbert (1600) 79, 206, 213-4, 223, 345, 353, 449.
De materia medica e regno vegetabili, de C. Von Linné (1749) 694.
De mathematica perfectione, de N. Cusanus (1458) 25.
De medicina Aegyptorum, de P. Alpino (1591) 164.
De menstruis, de H. Boerhaave 593.
DEMOCRIT (c. 460—c. 360 î.e.n.) 323, 541.

De monetae cudendae ratione, de N. Copernic 69.
Démonstrations élementaires de botanique, de C. de la Tourette 693.
De monstris, de A. von Haller 618.
De morbis artificum, de B. Ramazzini (1700) 665.
De morbis convulsivis, de Th. Willis (1667) 632.
De motibus corporum coelestium..., de G.B. Amici (1536) 67.
De motu, de G. Galilei 107, 264.
De motu animalium, de G.A. Borelli (1680/81) 633, 646.
De motu cordis, de W. Harvey (1628) 630.
De motu corporum ex percussione, de C. Huygens (1700) 285.
De motu libri X, de G. Bonamico 262.
De motu musculari, de Th. Willis (1670) 393, 632, 641.
De motu musculorum, de Jean Bernoulli (1694) 633.
De motu musculorum, de Galen 161, 635.
De motu sanguinis, de A. von Haller (1752) 631.
De motu tonico vitali, de G.-E. Stahl (1692) 635.
DEMOURS, Pierre (1702—1795) 650.
De mulierum organis, de R. de Graaf (1672) 389.
De mundo nostro sublunari philosophia nova, de W. Gilbert 206.
De musculis et glandulis observationum specimen, de N. Sténon (1664) 389.
De natura hominis, de Nemesios 157.
De natura substantiae, de F. Glisson (1672) 635.
De naturali parte medicinae, de J. Fernel (1542) 156.
Dendrographios, de J. Jonston (1662) 425.
DENIS, Jean-Baptiste (c. 1625—1704) 410-1.
De numerosa potestatum purarum..., de F. Viète 228.
DENYS [DIONISIUS = DINIZ] (sec. XV—XVI) 166.
DEPARCIEUX, Antoine (1703—1768) 481.
De partibus corporis humani sentientibus et irritabilibus, de A. von Haller (1753) 637.
De peste compendium, de J. Peletier (1563) 161.
De phaenomenis, de Euclid 53.
De plantis triangulis, de G. A. Magini (1592) 59.
De plantis Doxoscopiae phisicae minores, de J. Jung (1662) 412.
De Plinii et plurium aliorum in medicina erroribus, de N. Leoniceno (1492) 160.
De ponderibus, de J. Nemorarius 44.
De proportione motus, de M.M. de Kronland 272.
De quadratum circuli, de J. Buteo (1559) 91.
De quadratura circului, de O. Finé (1544) 55
De quantitatibus et proportionibus humorum, de A. Ricart 395.
De ratiociniis in ludo aleae, de C. Huygens 237, 479.
De ratione motusmusculorum, de W. Groone (1664) 637.
De re anatomica, de R. Colombo (1559) 155.
De rebus mathematicis hactenus desideratis, de O. Finé (1556) 55.
De refractione, de G.B. della Porta 320.
De re medica, de Paul din Egina (1532) 161.
De resolutione omnium Euclidis... problematum aliorumque..., de G. Benedetti (1553) 53.
De respiratione experimenta anatomica, de A. von Haller 624.
De revolutionibus orbium coelestium, de N. Copernic 67-73, 78-81.
DERHAM, William (1657—1735) 538.
DESAGULIERS, Jean-Théophile (1683—1744 499, 526, 557.
DESARGUES, Girard (1591—1661) 484.
De Saturni luna observatio nova, de C. Huygens (1656) 310.
DESAULT, Pierre-Joseph (1744—1795) 650, 667.
DESCARTES, René (1596—1650) 6, 47, 50, 54, 62, 85, 98, 110, 202-3, 208, 218-20, 225, 269, 293, 321, 392-3, 396-7, 401, 412, 414, 427-33, 469, 472, 474, 485-7, 492, 494, 505, 523-3, 546, 552, 556, 560, 624, 632-4, 639-40, 644, 646, 681, 708.
DESCHIZEAUX, Pierre (1690—1730) 688.
Descrierea plantelor din America, de C. Plumier 422.
Description des plantes, de N. Marchant (1676) 421.
Description des plantes nouvelles et peu connues cultivées dans le jardin de J.M. Cels, de P. Ventenant 694.
Description des plantes principales de l'Amérique équinoxiale, de P. Charlevoix (1744) 695.
Description du Cabinet du Roi, de L. Daubenton (1749) 673.

Description du corps humain, de R. Descartes (1664) 640.
DESFONTAINES, René, LOUICHE (1750—1833) 687, 697.
Deshima, insula ~ 743-4.
De sinubus, chordis et arcubus item instrumento revelatore secretorum, de Levi Ben Gerson 101.
D'ESLON, v. Eslon, Charles-Nicolas d'~.
DESMAREST, Nicolas (1725—1815) 707-8.
DESMOULINS, Jean (1530—1622) 185.
DESPARS, Jacques († 1465) 151.
De sphaere mobili, de Autolicus 53.
Despre caracterele exterioare ale mineralelor, de A.G. Werner (1774) 703.
Despre locurile plane, de Apollonios 231.
Despre vegetația plantelor, de E. Mariotte 414.
De statius experimentis, de N. Cusanus (1450) 94, 395.
De subtilitate, de G. Cardano (1550) 50, 104, 358.
De thoracis lacteis, de J. Pecquet 392.
De transmutationibus geometricis, de N. Cusanus (1450) 37.
De triangulis omnimodis libri quinque, de Regiomontanus 27, 39.
De triangulis per maximorum, circulorum segmenta construtis libri quinque, de J. Werner 40.
De triangulis sphaericis, de G.J. Rheticus (1557) 40.
Detroit 768.
DETTONVILLE 244, 250, 254. V. Pascal.
DEUCALION, personaj din mitologia greacă 121.
De usu partium corporis humani, manual de anatomie și fiziologie galenică 147.
DEUTSCH, Hans Rudolf Manuel (1525—1571) 179.
Deutsche arithmetica, de M. Stifel (1545) 45-6.
De venatione sapientiae, de N. Cusanus 64.
DEVENTER, Hendrik VAN (1651—1724) 409.
De ventriculo et intestinis, de F. Glisson (1677) 635, 637.
De vera diversitate corporis mixti et vivi, de G.-E. Stahl (1707) 635.
De vi centrifuga, de C. Huygens (1659) 286.
De vi cordis, de D. Passavant (1748) 631.
De viribus electricitatis in motu musculari commentarius, de L. Galvani (1791) 645.
DE WAARD, Cornelis (1879—1963) 206, 270.
DEZALLIER D'ARGENVILLE, Antoine-Joseph (1680—1765) 712.
Dialecticke..., de S. Stevin 61.
Dialogo, de G. Galilei (1632) 205, 210, 231-6, 263, 266, 270-1, 307.
DIAS DE SOUZA, G.S. (fl. 1568—1590) 765.
DIAZ, Lourenço [DINIS] (fl. c. 1445) 174.
DICKSON, Adam (1721—1776) 689.
Dictionarium medicum, de H. Estienne (1564) 160.
Dictionnaire, de N. Jolyclerc 693.
Dictionnaire de chimie, de P.J. Macquer (1766) 579.
Dictionnaire élémentaire de botanique, de P. Bulliard 693.
Dictionnaire encyclopédique des Mollusques, de J.G. Bruguieres (1789) 678.
DIDEROT, Denis (1713—1784) 559, 646, 707, 712.
DIEGO DE ZÚÑIGA [DIDACUS] (1536—1589) 81.
DIEPGEN, Paul (1879—1966) 158.
DIESBACH [DIPPEL], Johann Conrad (1673—1734) 574.
DIEZ [DIAZ], Juan (fl. 1556) 759.
DIGBY Sir Kenelm (1603—1665) 360.
DIGGES, Leonard (c. 1515—c. 1570) 57, 79, 83.
DIGGES, Thomas (c. 1545—1595) 57, 79.
Dijon 587, 598.
DILLEN [DILLENIUS], Johann Jakob (1687—1747) 683, 688, 696-7.
DILLY, Antoine (fl. c. 1676) 394.
DIMSDALE, Thomas (1712—1800) 662.
Dîme royale, de S. Vauban 457.
DINOSTRATES (sec. IV î.e.n.) 248.
DIOCLES DIN CARISTOS (sec. IV î.e.n.) 626.
DIOFANT [DIOPHANTUS] DIN ALEXANDRIA (fl. sec. III?) 20, 51-2, 54, 58, 60.
DIONIS, Pierre (1643—1718) 408, 735.
DIONIS DU SÉJOUR, Achille-Pierre (1734—1794) 486.
Dioptrica, de R. Descartes 223, 272, 282, 321.
Dioptrica, de J. Kepler 225, 319.
DIOSCORIDE DIN ANAZARBE, Pedanios (sec. I) 161, 168.
DIRICHLET, Johann Peter Gustav LEJEUNE (1805—1859) 469.
Discernement du corps et de l'âme en six discours, de G. de Cordemoy (1666) 394.
Discorsi, de G. Galilei (1638) 206, 264-7, 269, 271, 535.
Discours à M-me de la Sablière sur l'âme des animaux, de La Fontaine 393.
Discours anatomiques, de G. Lamy (1675) 394.

Discours de la connaissance de bêtes, de I.G. Pardies (1672) 394.
Discours sur la cause de la pésanteur, de C. Huygens (1690) 295, 517.
Discurs asupra metodei, de R. Descartes (1637) 205-6, 229, 321, 428.
Disma..., de S. Stevin 58-9.
Disquisitio de mecanismi et organismi diversitate, de G.-E. Stahl 635.
Disquisitiones arithmeticae, de C.F. Gauss 473.
Dissection des parties du corps humain, de Ch. Estienne 151.
Dissertatio cum nuncio sidereo, de J. Kepler 304.
Disserattio de lumine, de R. Bošković (1749) 531.
Dissertatio physiologica inauguralis de alimentorum concoctione, de E. Stevens (1777) 629.
DITTON, Humphry (1675—1715) 464.
Diversarum speculationum mathematicarum et physicarum liber, de G. Benedetti 53, 108, 113.
Divina proportione, de Luca Pacioli 56.
DOBELL, Clifford (1886—1949) 416.
Docta ignorantia, de N. Cusanus 24, 63-4, 214.
Doctrine of Chances, de A. de Moivre (1718) 480.
DODART, Denis (1634—1707) 401, 413, 415.
DODOENS, Rembert [DODONAEUS] (c. 1518-1585) 183.
Dôle 227.
DOLLOND, John (1706—1761) 507, 528.
DOLOMIEU, Dieudonné (1750—1801) 709, 715.
DOMBEY, Joseph (1742—1794) 695, 764.
DOMENICO MARIA DA NOVARA (1454—1504) 39, 69.
DOMINIS, Marco Antonio de ~ (1566—1624) 325.
DONATI, Vitaliano (1717—1762/63) 688.
DOUGLAS, James (1675—1742) 649, 667.
DOYON, Andrè *(c.)* 630.
DRAKE, Sir Francis (c. 1540—1596) 164, 757.
DREBBEL, Cornelis (1572—1634) 541.
Dresda 30, 598.
DRYANDER, Jonas (1748—1810) 150, 694.
Dublin 666.
DUBOIS, Jacques [SYLVIUS] (1478—1555) 14, 148, 150, 154.
DUBREUIL, Jean (1602—1670) 484.
Dubrovnik 496.
DUBUAT [DU BUAT], Pierre-Louis-Georges (1734—1809) 499.
DUCHESNE, Antoine-Nicolas (1747—1827) 605, 687.
DUCHESNE, Joseph [QUERCETANUS] (c. 1546—1609) 168, 399.
DUCHESNE, Simon [QUERCETANUS = VAN DER EYCKE] (fl. c. 1583) 126.
DUCHOUL, Jean (fl. 1555) 185.
DUDLEY, Paul (1675—1751) 770-1.
DUFAY [DU FAY], Charles-François de CISTERNAY (1698—1739) 553, 555-9, 563-4, 566, 673, 679.
DUGAS, René (1897—1957) 262, 292, 534.
DU HAMEL, Jean-Baptiste (1623—1706) 394.
DUHAMEL DU MONCEAU, Henri-Louis (1700—1782) 573, 668, 679, 689, 691-3, 767, 768.
DUHEM, Pierre (1861—1916) 35, 95, 99, 106, 111.
DULIEU, Louis *(c.)* 481.
DULLAERT, Jean (1471—1513) 96.
DUMAS, Charles-Louis (1765—1813) 658.
DUMAS, Jean-Baptiste (1800—1884) 367.
Du monde clos à l'Univers infini, de A. Koyré (1962) 292.
Dunărea 139, 676.
Dunkerque 518.
DUNS SCOT, John (c. 1270—1308) 105.
DUPUY, Jacques (1586—1656) 207-9.
DUPUY, Pierre (1582—1651) 207-9.
DÜRER, Albrecht (1471—1528) 39, 40-2, 45, 58, 123, 151, 179, 484.
DURET, Louis (1527—1586) 160-1.
DUSSEAU, Michel (fl. c. 1561) 166.
DU TERTRE, Jean-Baptiste (1610—1687) 422.
DUVERNEY, Joseph-Guichard (1648—1730) 382, 408.
DUYVENDAK, J.J.L. *(c.)* 736.

Eaux-Bonnes 123.
EBERHARD, Johann Peter (1727—1779) 623, 676.
ECATERINA a II-a, împărăteasa Rusiei (1729—1796) 451, 460, 465, 673, 703.
Echilibrul lichidelor, de B. Pascal 279.
ECKHART, Johann, zis Magistrul (c. 1260—1327) 15.
Eclaircissements sur les éléments de philosophie, de D'Alembert (1767) 470.
ÉCLUSE, v. L'Écluse, Charles de ~.
ECPHANTUS [ECPHANTOS] (sec. V—VI î.e.n.) 72.

Edinburgh 426, 459, 549, 629, 642, 666, 670, 705, 773.
EDWARDS, George (1693—1773) 672.
EDWARDS, John (fl. 1768—1795) 688.
EECKOUT, Albert (1610—1664) 765.
Efemerida, de J. Field 79.
Efemeridele, de G.J. Rheticus 80.
Egee, marea ~ 179.
Egipt 79, 120, 133, 380, 406, 423, 664, 674, 696-7.
EHERT, George Dionysius (1710—1770) 687, 694.
EICHHORN, Andrè *(c.)* 677.
EINSTEIN, Albert (1879—1955) 518.
Ekphrasis, de F. Colonna 418.
Elba 173.
Elementa botanica, de N.J. Necker 693.
Elementa chemiae, de H. Boerhaave (1732) 593.
Elementa physiologiae corporis humani, de A. von Haller (1757—1766) 623.
Elementele, de Euclid 23, 28, 35, 54, 56-7, 59, 241, 482, 486.
Elemente de chimie, de J. Béguin (1615) 367.
Elementele figurilor curbilinii, de V. Léotaud 253.
Elementorum myologiae specimen sive musculi descriptio geometrica, de N. Sténon (1667) 632.
Elementos de Orictognosia, de A. del Rio (1795) 761.
Éléments de botanique, de J.P. de Tournefort (1694) 420.
Éléments de géométrie, de A.-C. Clairaut (1741) 483.
Éléments de géométrie, de A.M. Legendre (1794) 483.
Éléments de musique, de d'Alembert (1762) 539.
Éléments de la géométrie de l'infini, de B. de Fontenelle (1727) 470.
Éléments de la philosophie de Newton, de Voltaire (1738) 492, 529.
ELHUYAR, Don Fausto d'~ (1755—1833) 761.
ELHUYAR, Don Juan José d' ~ (1754—1796) 600, 761.
ELISABETA I, regina Angliei (1533—1603) 200.
ELISABETA DE BOEMIA, prințesă palatină (1618—1680) 203.
ELLICOTT, John (1706?—1772) 544.
ELLIOT, John (1747—1787) 595-6.
ELLIS, John (c. 1711—1776) 678, 687-8.
Elogiu lui Spallanzani, de J. Senebier 631.
Elveția 162, 404, 409, 411, 460, 463, 611, 613, 650, 660, 662, 665, 682, 688, 693, 699, 701, 712, 764, 768.
ELZEVIR [ELSEVIER], familie de tipografi olandezi (sec. XVI—XVII) 61, 200.
EMILIANO, Giovanni (fl. c. 1584) 177.
EMPEDOCLE DIN AGRIGENT (aprox. 490—435 î.e.n.) 414.
ENCELIUS [Christoph ENTZEL] (1520—1586) 124, 127.
Enciclopedia, enciclopediști 459, 461, 467, 470, 559, 593-4, 646, 651, 699, 704, 707, 754.
ENCKE, Johann Franz (1791—1865) 511, 516.
English Malady, de G. Cheyne (1735) 634.
ENTRECASTEAUX, A. R. Joseph de BRUNI D'~(1737—1793) 698.
Entretiens sur la philosophie, de J. Rohault (1671) 394.
Entretiens sur la pluralité des mondes, de B. de Fontenelle 294.
Entwurfe der altesten Erd und Volkergeschichte, de J.C. Fuchsel 703.
Enumeratio linearum tertii ordinis, de I. Newton (1704) 486.
Ephemerides bononienses mediceorum siderum, de J.-D. Cassini 305.
EPICUR DIN SAMOS (341—270 î.e.n.) 620.
Epistola de sexu plantarum, de R.J. Camerarius (1694) 418.
Epistolae medicinales, de G. Manardi 160.
Epistola Petri Peregrini de Maricourt ad Sygerem de Foucaucourt militem de Magnete, (1269) 344-5, 353.
Epistola prefață la Efemeridă, de J. Dee 79.
Epistolarum astronomicarum liber, de Tycho Brahe 80.
Epitome, de G. von Peurbach 65.
Epitone, de A. Laguna (1553) 161.
Époques de la Nature, de G.-L. Leclerc de Buffon (1778) 602, 708, 712.
ERASISTRATOS (fl. c. 258 î.e.n.) 632.
ERASMUS, Didier (1469—1536) 14.
ERATOSTENE DIN CIRENA (c. 275—c. 195 î.e.n.) 242.
ERCKER, Lasarus († 1595) 127.
Erfurt 39, 43.
Erlangen 660.
Erste Grunde einer Physiologie der eigentlichen thierischen Natur thierischer Korper de J.A. Unzer (1771) 643.
Erzgebirge 703.
ESCHOLT, Michael Pedersen (fl. c. 1657) 427.
ESLON, Charles-Nicolas d' ~ (c. 1750—1786) 663.

Essai de Cristallographie, de R. de l'Isle (1772) 713.
Essai d'optique sur la gradation de la lumière, de P. Bouguer (1728) 529.
Essai d'une nouvelle théorie de la résistance des fluides, de d'Alembert (1752) 497-8.
Essai d'une théorie sur la structure des cristaux..., de R.-J. Haüy (1784) 714.
Essai philosophique sur les probabilités, de P.-S. Laplace (1814) 481-2.
Essais élémentaires sur la botanique, de J.J. Rousseau 693.
Essai sur la formation des corps organisés, de P.L. Maupertuis (1754) 607.
Essai sur la géographie des plantes, de A. von Humboldt și A. Bonpland (1805) 764.
Essai sur la minéralogie des Monts-Pyrénées, de P.-B. Palassou (1781) 707.
Essai sur l'application de l'analyse aux probabilités des décisions rendues à la pluralité des voix, de M.J. Condorcet (1785) 481.
Essai sur le phlogistique, de R. Kirwan 589.
Essai sur les machines en général, de L. Carnot (1783) 499.
Essai sur les probabilités de la vie humaine, de A. Deparcieux (1760) 481.
Essay d'analyse sur les jeux du hazard, de P. R. de Montmort (1708) 479.
Essay de Physique, de E. Mariotte 414.
Essay on the Vital and Other Involuntary Motions of Animals, de R. Whytt (1751) 642.
Essay sur les coniques, de B. Pascal 234.
ESTIENNE, Charles [Carolus STEPHANUS] (1504—1564) 127, 150-2, 154.
ESTIENNE, familie de tipografi parizieni (sec. XVI) 160.
ESTIENNE, Henri (1470?—1520) 160.
ESTIENNE, Robert (1503—1559) 127, 174.
ESTOUTEVILLE, cardinalul Gullaume d' ~ (c. 1403—1483) 170.
Etampes 688.
Etiopia 122.
ETTMÜLLER, Michael (1644—1683) 410, 575.
Etudes de la nature, de Bernardin de Saint-Pierre (1784) 518.
Etudes newloniennes, de A. Koyré (1968) 292.
EUCLID DIN ALEXANDRIA (sec. III î.e.n.) 20, 23, 28, 32, 34-5, 38, 46, 53-7, 59, 223, 317, 482-3, 486, 735, 771.
EUCLID DIN MEGARA (sec. IV î.e.n.) 35.
Euclides ab omni naevo vindicatus, de F. Saccheri (1733) 483.
EULER, Johann Albrecht (1734—1800) 487.
EULER, Leonhard (1707—1783) 229, 459-62, 465-72, 475-9, 481, 485, 487-9, 493-5, 497-9, 501-2, 504, 512-3, 523, 527-8, 532-3, 536-7, 539.
Europa, europeni 5, 13-6, 20, 25-6, 48, 54, 83, 86, 123, 133, 138-9, 149, 164-7, 171, 399, 404, 411, 419, 421, 449-55, 458, 460, 503, 526, 544, 558, 574, 661, 665, 670, 676, 679-80, 688, 694, 699, 704, 713, 731, 734, 736-7, 743, 745, 750-1, 753-4, 758-63, 766-7, 769-70, 773, 776-7.
EUSTACCHI, Bartolomeo [EUSTACHE] (c. 1520—1574) 156, 388, 392.
EUTOKIOS [EUTOCIOS] DIN ASCALON (c. 480—c. 560) 36, 38, 40, 42, 54.
Evanghelia 15.
Evrei 160-2, 171
ÉVREUX, Ives d' ~ (sec. XVI—XVII) 422.
Evul mediu, medievali 5, 11, 13-6, 23, 27, 28-30, 32, 35, 38, 61, 68, 93, 96, 98, 129-37, 139, 147, 150, 395, 407, 711, 740, 749.
Examen de la famille des Renoncules, de A.-L. de Jussieu (1779) 685.
Exercitation anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus, de W. Harvey 207, 391-2.
Exercitationes de generatione animalium, de W. Harvey (1651) 389.
Expériences nouvelles touchant le vuide, de B. Pascal 276.
Experiențe asupra generării insectelor, de F. Redi (1668) 384.
Experiențe și observații asupra electricității de B. Franklin (1751) 776.
Experimenta crystalli Islandici disdiaclastici, de E. Bartholin (1669) 433.
Experimenta et meletemata de plantarum generatione, de J. Logan (1738) 771.
Experimenta nova Magdeburgica de vacuo spatio, de O. von Guericke (1672) 279, 360.
Experimenta, observationes, animadversiones chymicae et physicae, G.-E. Stahl (1697) 371.
Experiments and Observations on Different Kinds of Air, de J. Priestley (1774-77) 580.
Experiments and Observations on Electricity, de B. Franklin (1750) 761.
Experiments upon Vegetables, de Jan Ingenhousz (1779) 692.
Explicațiile primelor cauze ale acțiunii în materie și a cauzei gravitației, de C. Colden (1743) 772.
Exposition du systeme du monde, de P.-S. Laplace (1796) 514.

Extremul Orient 423, 731-3, 744-5.
Eyn Neue und wolgegrundte Underweisung aller Kauffmans Rechnung..., manual de P. Apianus (1527) 44.

Fabrica (De humanis corporis fabrica libri septem), de Vesalius (1543) 17, 146, 153-4.
FABRICIO D'ACQUAPENDENTE, Girolamo [FABRIZZI] (c. 1533—1619) 15, 18, 155, 382, 391, 635.
FABRICIUS, David (1564—1617) 309.
FABRICIUS, Johann (1587—1615) 306.
FABRICIUS, Johan Christian (1745—1808) 679, 684.
FABRICIUS, Otto (1744—1822) 674, 677.
FABRICIUS HILDANUS [Wilhelm FABRY] (1560—1634) 169, 408.
FACHS, Modestin (fl. c. 1567) 576.
Facultatea de arte din Cracovia 69.
Facultatea de chimie din Montpellier 399.
Facultatea de medicină din Basel 711.
Facultatea de medicină din Moscova 670.
Facultatea de medicină din Paris 156, 160, 167, 169-70, 399, 407, 425, 663, 666, 670.
Facultatea de teologie din Paris 708.
FAGNANO, Giulio Carlo (1682—1766) 460, 471, 475.
FAGON, Guy Crescent (1638—1718) 420-2, 767.
FAHRENHEIT, Gabriel-Daniel (1686—1736) 543-4, 548, 622.
FAIL, Noël du ~ (c. 1520—1591) 150.
FAIRCHILD, Thomas (c. 1667—1729) 690.
FALLOPPIO, Gabriele [FALLOPPE] (1523—1562) 121, 123, 150, 155-6, 388.
Famille des plantes, de M. Adanson (1763) 686.
FANG KUAN-TCH'ENG (1698—1768) 740.
FARADAY, Michael (1791—1867) 559, 563, 567.
FARFÁN, Augustin († 1604) 761.
Fasciculus medicinae, de J. de Ketham (1491) 151.
FATIO DE DUILLIER, Nicolas (1664—1752) 463.
Fauna Groenlandica, de O. Fabricius (1780) 674.
FEDELE [FIDELIS], Fortunato (1550—1630) 407.
FEILD, John (1525?—1587) 78.
FÉLIX DE TASSY, Charles-François (1653?—1703) 408.
FELTRE, v. Vittorino da Feltre.
FENG CHEN (1771—1810) 740, 745.
FENG KUEI-FEN (1809—1874) 740.
Fenomenele circulației lente, de L. Spallanzani (1773) 631.
FENYL (sec. XVIII) 697.
FERDINAND AL V-LEA, regele Spaniei [FERDINAND al II-lea Catolicul, regele Aragonului] (1452—1516) 166.
FERDINAND al VII-lea, regele Spaniei (1784—1833) 754.
FERDINAND al II-lea DE MEDICI, mare duce de Toscana (1610—1670) 205.
FERMAT, Pierre (1601—1665) 207, 225-6, 229, 321, 462, 469, 474, 478-9, 487, 494, 533-4.
FERMAT, Samuel (1634—1697) 233.
FERNEL, Jean (1497—1558) 14-5, 17-8, 156-7, 162-4, 166, 387,
Ferney 617.
Ferrara 14, 23, 69, 149-50, 155-6, 160.
FERRARI, Givan Battista (1584—1655) 425.
FERRARI, Ludovico (1522—1565) 47-8, 50, 52.
FERREIN, Antoine (1693—1769) 646, 649.
FERREIRA, Alessandro Rodrigues (1756—1815) 766.
FERRO, Scipione del ~ (1465—1526) 39, 47-8, 50.
FEUILLÉE, Louis (1660—1732) 422, 695, 763, 767.
Feuilles d'analyse appliquée a la géométrie, de G. Monge (1795-99) 488, 490.
FICINO, Marsilio (1433—1499) 15, 19, 162, 168.
FILIP AL II-LEA, regele Spaniei (1527—1598) 152, 761-2.
Filipine, insulele ~ 423, 696-7.
FILON DIN BIZANȚ, v. Philon din Bizanț.
FILON EVREUL, v. Philon Evreul.
Filozofia chimică, de A.F. de Fourcroy 589.
FINCKE [FINK], Thomas (c. 1561—1656) 28, 80.
FINÉ, Oronce (1494—1555) 55-6, 65.
FINELLA, Filippo (sec. XVI) 162.
Finlanda, finlandezi 549.
FIOR [FIORE], Antonio Maria (fl. c. 1535) 48-9.
FISCHER, Gotthelf F. (1771—1853) 599.
FIZES, Antoine (1690—1765) 657.
Fizica, de Aristotel 108.
Fiziologia, de J. Fernel (1554) 387.
FLACOURT, Étienne de ~ (1607—1660) 423.
FLAMSTEED, John (1646—1719) 90, 520, 771.
Flandra, flamanzi 15, 139, 206, 362, 650.
FLEURIAU DE BELLEVUE, Louis-Benjamin (1761—1852) 715.
Flora atlantica, de R.L. Desfontaines 697.
Flora boreali-americana, de A. Michaux 695.

Flora carniolica, de G.A. Scopoli 687.
Flora lapponica, de C. von Linné (1737) 683.
Flora orientalis, de L. Rauwolff (1755) 190, 697.
Flora parisiensis, de P. Bulliard (1774) 688.
Flora virginica, de J. Clayton (1739) 683, 771.
Florența, florentini 14, 16, 47, 148-9, 160, 205, 223, 430, 542, 694.
Florida 695, 753, 755, 771.
FLÖRKE, Heinrich Gustav (1764—1835) 539.
FLOURENS, Pierre (1794—1867) 391, 602-3.
FLUDD, Robert (1574—1637) 541.
FOËS, Anuce (1528—1595) 160-1, 166.
FOIX-CANDALE, François de ~ (1502?—1594) 56.
FONTAINE DES BERTINS, Alexis (1704—1771) 467.
FONTANA, Francesco 309.
FONTANEY, părintele Jean de ~ (1643—1710) 734.
FONTENELLE, Bernard LE BOVIER DE ~ (1657—1757) 420, 453, 470, 706.
FORCADEL, Pierre (c. 1520—1574) 56.
FORSSKÅL, Pehr (1732—1763) 684, 697.
FORSTER, Georg (1754—1794) 698.
FORSTER, Johann Reinhold (1729—1798) 674, 697-8.
FOUQUET, Henri (1727—1806) 646, 657, 660, 736.
FOURCROY, Antoine-François de ~ (1755—1809) 547, 587, 589, 596-7.
FOURIER, Joseph (1768—1830) 469, 474, 536, 539, 550.
FOURNIER, părintele Georges ~ (1595—1652) 429.
FOWLER, Thomas (1736—1801) 669.
FRACASTORO, Girolamo (1478—1553) 67-8, 121, 164-6.
Fragmenta methodi naturalis, de C. von Linné (1738) 685.
FRANCESCA, v. Piero della Francesca.
FRANCISC I, regele Franței (1494—1547) 168, 171, 755.
Franciscan, ordinul ~ 32, 758.
FRANCO, Pierre (1500—1561) 163, 169, 668.
FRANK, Johann Peter (1754—1821) 660, 665.
Frankfurt 161, 688, 694.
FRANKLIN, Benjamin (1706—1790) 454, 553, 556-7, 559-66, 569-70, 771-2, 774-8.
FRANQUELIN, Jean-Baptiste-Louis (1652—1718) 767.
Franța, francezi 15, 28, 38, 44, 46, 54, 56-7, 78-9, 83, 123, 147, 150, 159, 161-2, 165, 169-70, 207, 396, 399-401, 403-11, 413, 420-4, 427, 429, 451, 453, 455, 459, 463, 480, 482, 484, 488, 492, 503, 505, 516, 519, 522, 526, 529-30, 542, 544, 549, 553, 557, 581-2, 589-90, 592, 596, 649-51, 656, 660, 662-9, 671-2, 676, 679, 683, 685, 688, 691, 693-8, 701, 706-7, 709, 734-5, 750, 755-8, 763-8, 772, 776-7.
Franței, insulele ~ 696-8.
Frauenburg 69, 71.
FREDERIC AL II-LEA, regele Danemarcii (1534—1588) 89, 91.
FREDERIC AL IV-LEA, regele Danemarcii (1671—1730) 664.
FREDERIC AL II-LEA, regele Prusiei (1712—1786) 451, 460, 465—6.
Freiberg 127, 703, 761.
Freiburg 42.
FRÉNICLE DE BESSY, Bernard (c. 1605—1675) 237.
FRERE, John (1740—1807) 711-2.
FRESNEL, Augustin (1788—1827) 525, 533.
FRÉZIER, Amédée-François (1682—1773) 484, 695, 763.
FRIES, Lorenz [PHRYESEN] (c. 1491—c. 1550) 151, 160.
Frigieni 139.
FRISCH, Johann Leonhard (1666—1743)
FUCHS, Leonhard (1501—1566) 182-6.
FUCHS, Remacleus (1510—1587) 123.
FÜCHSEL, Georg Christian (1722—1773) 703-4.
FULTON, John Farquhar (1899—1960) 637.
FUNKC, Alexander († 1797) 574.
Fundamenta astronomiae..., de F.W. Bessel (1818) 520.
Fundamenta botanica, de C. von Linné (1736) 604, 683.
Fundamenta medicinae, de F. Hoffmann (1695) 623.
Fundamenta physices, de H. Regius 282.
Fundamenta physiologiae, de F. Hoffmann (1718) 623.
Fundamentorum historiae naturalis muscorum frondosorum, de J. Hedwig (1787—97) 688.
FUSÉE-AUBLET, Christoph (c. 1723—1778) 696.
FUSS, Nikolaus (1755—1826) 528.

GADOLIN, Johann (1760—1852) 549.
GARTNER, Joseph (1732—1791) 687.
GAETAN DE THIENE (1387—1465?) 95.
GAHN, Johan Gottlieb (1745—1818) 600.
GALEAZZI, D.M. Gusman (1686—1775) 699.
GALEN DIN PERGAM (c. 129—c. 200) 17,

146-50, 152-5, 157-8, 159-61, 166-7, 387, 389, 392, 395, 402-3, 414, 540, 576, 632, 635, 639.
Galia, gali 123, 134, 704.
GALILEI, Galileo (1564—1642) 6, 11, 15, 17, 20, 78, 81, 83, 85-6, 89, 95, 106-7, 110, 201, 205, 209-10, 212, 217, 236-7, 302-10, 325, 387-8, 395, 397, 401, 412, 427-8, 452, 535, 541, 552, 633, 660, 736, 771, 774.
GALL, Franz Joseph (1758—1828) 665.
GALVANI, Luigi (1737—1798) 571, 638, 645, 647.
GANEÇADAIVAIN̄A (fl. 1520) 749.
GARCIA DA ORTA [Garcia DEL HUERTO] (1490—1570) 179-80.
GARCILASO DE LA VEGA (1539—1616) 758.
GARDEN, Alexander (1728—1792) 772.
Gardener's dictionary, de P. Miller 771.
GARGANTUA, personaj romanesc al lui Rabelais (c. 1532) 18.
GARIDEL, Pierre-Joseph (1658—1737) 421-2.
GARREGUILLA, Francesco (fl. c. 1607) 760.
GASCOIGNE, William (1612—1644) 312.
GASSENDI, Pierre (1592—1655) 207, 213, 309, 538, 546, 638.
GASTON DE FOIX (1485—1512) 48.
GASTON D'ORLÉANS (1608—1660) 421, 425.
GAUB, Hieronymus David (1705—1780) 633, 654.
GAULTHIER, Jean-François (1708—1756) 767-8.
GAULTIER DE LA VÉRENDRAYE, v. La Vérendrye.
GAURICO, Luca (1476—1558) 38.
GAUSS, Carl Friedrich (1777—1855) 460, 472-5, 479, 481, 483.
GAUTIER, Hubert (1660—1737) 709.
GAUTIER D'AGOTY, Jacques (1717—1785) 693.
GAY-LUSSAC, Louis-Joseph (1778—1850) 546.
GAZA, v. Théodore de ~
Gazophylacium, de J. Petiver 696.
Gdansk 71.
GEER, Charles de ~ , v. De Geer.
GELLIBRAND, Henry (1597—1637) 348.
GEMMA FRISIUS [Gemma REGNIER] (1508-1555) 44, 56, 78.
Genera plantarum, de C. von Linné (1737) 683.
Genera plantarum, de A.-L. de Jussieu (1789) 685.
GENERELLI (fl. 1749) 700.
Geneva 56, 159, 460, 486, 544, 702.
Geneza 707, 710-1.
Ceneva, genovezi 138-9, 149.
GEOFFROY, Claude-Joseph [G. cel Tînăr] (1685—1725) 573-5, 690.
GEOFFROY, Étienne-François [G. cel Bătrîn] (1672—1731) 574, 592-3, 693.
GEOFFROY SAINT-HILAIRE, Étienne (1772—1844) 673-4, 679, 766.
Geologia norvegica, de M.P. Eschott (1657) 427.
Geologia..., de E. Warren (1690) 427.
Geology, de Bailey (1736) 704.
Geology of the Doctrine of the Earth, de Johnson (1755) 704.
Geometria, de R. Descartes 229, 250, 255.
Geometria, de J. Grégory 255.
Geometria del compasso, de L. Mascheroni 485.
Géométrie descriptive, de G. Monge (1799) 484.
Geometria indivisibilus..., de B. Cavalieri 241, 253.
Geometria organică, de Maclaurin (1720) 485.
Geometria rotundi, de Th. Fincke 28, 80.
Geometria speculativă, de Th. Bradwardine 23.
GEORGE AL III-LEA, regele Angliei (1738—1820) 758.
Georgia 423.
GERARD [GERARDE], John (1545—1612) 184, 188.
GERARDO DIN CREMONA [GHERARDO DA CREMONA] (1141—1187) 38, 64, 159.
GERBILLON, părintele Jean-François ~ (1654—1707) 734.
Germania, germani 14, 23, 27-30, 38-9, 42, 44-7, 52, 54, 69, 78, 83, 91, 118, 127, 133, 139, 147, 151-3, 155, 170, 399, 404, 406-11, 418-23, 427, 451, 460-1, 466, 482, 526, 530, 557, 573-5, 579, 589-90, 596, 599, 649-54, 656, 658-60, 662-3, 665, 667, 669, 672, 679, 683, 687-90, 693-4, 697-8, 701-3, 734, 757, 760, 765, 777.
GERSDORFF, Hans von ~ (fl. 1500) 169.
GESNER, Conrad (1516—1565) 14, 19, 121-3, 127, 175, 376-81.
GESNER, Johann (1709—1790) 687, 701.
GHALIGAI, Francesco (c. 1490—1536) 47.
GHEORGHIOS DE TREBIZONDA (1396—1486) 27, 38, 64.
GHETALDI, Marino (1568—1627) 228.
GHIBERTI, Lorenzo (1378—1455) 484.
GHINI, Luca (c. 1490—1556) 188.
GIBBS, Josiah Willard (1839—1903) 776.
GIESE, Tiedeman (1480—1550) 70-1.
Giessen 421.

GILBERT, William (1540—1603) 11, 79, 351-2, 449, 555, 557, 771.
GILIBERT, Jean-Emmanuel (1741—1814) 688, 693.
GILLES, Pierre [-d'Albi] (1490—1555) 160.
GIMBERNAT, Don Antonio de ~ (1734—1816) 667.
GIOVIO, Paolo [Paul JOVE] (1483—1552) 161.
GIRARD, Albert (1595—1632) 59, 61, 110, 472, 474.
GIRAUD-SOULAVIE, v. Soulavie
GIRAULT, Jehan (fl. 1558) 182.
Glanda, de P. Tarin 646.
GLASER, Christopher (1628—1674) 573, 575.
Glasgow 459, 548-9.
GLAUBER, Johann Rudolph (1604—1668?) 141, 572, 591.
GLEDITSCH, Johann Gottlieb (1714—1786) 684, 687, 689-90.
GLEICHEN, Friedrich Wilhelm von ~ [RUSSWORM] (1717—1783) 690.
GLISSON, Francis (1597—1677) 416, 635-7, 654.
GMELIN, Johann Friedrich (1748—1804) 692.
GMELIN, Johann Georg (1709—1755) 673, 676.
GMELIN, Samuel Gottlieb (1745—1774) 590, 688.
Gnomonica, de Maurolico (1553) 53.
Gnosa 19.
Goa 164.
GODFREY, Thomas (1704—1749) 771.
GOEDAERT [GOEDART], Jan (1620—1668) 386.
GOETHE, Johann Wolfgang (1749—1832) 529-31, 689.
Gottingen 432, 460, 520, 637, 660, 670, 694.
GOEZE, Johann A.E. (1731—1793) 678.
GOIFFON, Jean-Baptiste (1658—1784) 650.
GOLDBACH, Christian (1690—1764) 479.
GOLDSMITH, Oliver (1728—1774) 772.
GOLIUS [Jakob GOOL] (1596—1667) 232.
GONTHIER D'ANDERNACH, Jean [Johann GUENTHER von A.] (1505—1574) 123, 148, 150, 152, 160-1, 166-71.
GONZALO FERNANDEZ DE OVIDEO, v. Ovideo
GONZALVE DE CORDOBA [Gonzalo Fernández de CÓRDÓBA] (1453—1515) 165.
GOODSIR, John (1814—1867) 647.
GORDON, Andrew (1712—1751) 557.
GORRIS, Jean ~ de [GORRAEUS] (1505—1577) 160-1.
GORTER, David de ~ (1717—1783) 688.
GOSSELIN, Gullaume (fl. c. 1577—1578) 56.
GOTÔ GONZAN (1659—1733) 742.
GOTTSCHED, Johann (1668—1704) 421,
GOUAN, Antoine (1733—1821) 687-8, 693.
GOUDET [GOURDELLE GOURDET], Pierre (fl. c. 1585) 179.
GOUDIN, Mathieu Bernard (1734—1817) 486.
GOULARD, Thomas (1697—1784) 668-9.
GRAAF, Regnier de ~, v. De Graaf.
Grădina regelui preacreştin Henric al IV-lea, de Vallet 425.
Grahalāghava, de Ganesadaivajña 749.
GRAHAM, George (1673—1751) 505-6.
Granada 164.
GRANDAMY [GRANDAMI], părintele Jacques ~ (1588—1672) 353.
GRANDI, Guido (1671—1742) 460.
GRATAROLI, Guglielmo (1516—1568) 163.
GRAUNT, John (1620—1674) 481.
's GRAVESANDE, Willem Jacob (1688—1742) 484, 492, 526, 544.
GRAY, Stephen (c. 1670—1736) 553-5, 557-8, 561.
Graz 208.
Grecia, greci 14, 25-7, 35, 38, 53-4, 58, 66, 121, 124, 131, 136, 144, 160, 423, 535, 546, 661, 697, 751.
Greenwich 209, 313, 503, 515, 520—1.
GREGOIRE DE SAINT-VINCENT (1584—1667) 255.
GREGORAS, Nikeforos (1295—1359) 82.
GREGORY, David (1661—1708) 459.
GREGORY, James (1638—1657) 255.
GREN, Friedrich (1760—1798) 590.
Greutatea masei de aer, de B. Pascal 279.
GRÉVIN, Jacques (1538—1570) 161, 167.
GREW, Nehemiah (1641—1712) 383, 412-3, 416-9, 770-1.
GRIGORE al XIII-lea, papa ~ [Ugo BONCOMPAGNI] (1502—1585) 82.
GRIM, Herman Niklas (1641—1712) 423.
GRIMALDI, Francesco Maria (1618—1663) 533, 537.
GRIMALDI, părintele (1639—1712) 734-7.
GRIMAUD, Jean-Ch.-M. de ~ (1750—1789) 658.
GRISLEY, Gabriel (fl. c. 1661—1669) 421.
GRMEK, Mirko D. *(c.)* 390.
Groenlanda 421, 673, 688.
GRONOVIUS, Jan Frederik (1690—1760) 683, 695, 697, 771.
GROTIUS, Janus [Johan Hugo CORNETS DE GROOT] (1554—1640) 110.
GRYNAEUS, Simon (1493—1541) 38, 64

GRYPHE, familie de tipografi lionezi (sec. XVI) 160.
Guadelupa 422.
GUA DE MALVES, Jean-Paul de ~ (1712—1786) 474.
GUALTIERI, Niccolo (1688—1747) 678.
Guaranis 175.
GUARINO, Veronese (1374—1460) 27.
Guatemala 753, 760.
GUERICKE, Otto von ~ (1602—1686) 87, 279, 526, 537, 552-5, 557, 561, 576.
GUERLAC, Henry (n. 1910) 584.
GUETTARD, Jean-Étienne (1715—1786) 688, 691, 707, 768.
GUIDI, Guido [VIDIUS] (1500?—1569) 156-7, 160.
GUILANDINO, Melchiore [WIELAND] (c. 1520—1589) 171.
GUILLAUME DE MOERBEKE (1215?—1286?) 38.
GUILLAUME D'OCKHAM (c. 1295—1349/50) 15.
GUILLEMEAU, Jacques (1550—1613) 169.
Guineea 174.
GUIRAL, P. *(c.)* 420.
GULDIN, Paul (1577—1643) 255.
GUNDELSHEIMER, Andreas von ~ (1668—1715) 423.
GUNNER, Johan Ernst (1718—1773) 688.
GUNTER, Edmund (1581—1626) 28.
GUSMÃO [Bartholomeu LURENÇO] (1685—1724) 765.
GUY DE CHAULIAC, v. Chauliac.
Guyana 406, 696, 756, 763.
GUYÉNOT, Émile (1885—1963) 607.
GUYTON DE MORVEAU, Louis-Bernard (1737—1816) 547, 585, 587-8, 590, 592-4, 596, 598.

HAAK, Theodore (1605—1690) 207.
HABSBURG, familie imperială 755.
HACHETTE, Jean-Nicolas-Pierre (1769—1834) 488.
HADLEY, John (1682—1744) 522, 771.
Haemastatics, de S. Hales (1733) 630-1.
HAEN, Anton de ~ (1704—1776) 660.
HAENKE, Thaddaeus (1761—1817) 764.
HAESER, Heinrich (1811—1884) 155.
Haga 58.
HAGUENOT, Henri (1687—1775) 665.
HAHNEMANN, Christian Friedrich S. (1755—1843) 659.
Hai t'ao tche, de Teu Chou-mong 739.
HALES, Stephen (1677—1761) 414, 577-8, 623, 630-1, 648, 681-3, 691.
HALL, Chester More (1703—1771) 527.
HALL-BOAS, Marie *(c.)* 365.
Halle 370, 670
HALLER, Albrecht von ~ (1708—1777) 611, 613, 618, 623-5, 627-8, 631-2, 635-9, 641-2, 645-7, 650, 654-5, 657, 682-4, 687-8, 772.
HALLERSTEIN, părintele Augustin ~ (1703—1774) 734.
HALLEY, Edmund (1656—1742) 459, 481, 505, 511-3, 516, 520, 543, 775.
HAMBERGER, Georg Erhard (1697—1755) 624.
Hamburg 412, 575.
HAMILTON, Sir William Rowan (1805—1865) 534.
HAN, dinastie chineză (1206 î.e.n.—220 e.n) cu o întrerupere între anii 8—25 e.n. 739.
HANAOKA SEISHŪ (1760—1835) 744.
Hanovra 432.
Harmonia mensurarum, de R. Cotes (1722) 464.
HARRIOT, Thomas (1560—1621) 227, 229, 769-70.
HARRISON, John (1693—1776) 506, 522.
HARTMANN, Georg (1489—1564) 40, 348.
HARTSOEKER, Nicolaus (1656—1725) 390, 672.
Harvard 774-5.
HARVEY, William (1578—1657) 11,155, 202-3, 207, 389-91, 397-8, 427, 623, 630, 662, 771.
Harz 139, 688, 703.
HASSELQUIST, Fredrik (1722—1752) 684, 697.
HASSENFRATZ, Jean-Henri (1755—1827) 595, 626.
HAUDRICOURT, André-G. *(c.)* 740.
HAUKSBEE [HAWKSBEE], Francis († 1713) 537, 553, 557.
HAUPTMANN, August (1607—1674) 402.
HAÜY, René-Just (1743—1822) 433, 699, 712-4.
HAWKINS, Sir John (1532—1595) 757.
HAYASHI KICHIUYEMON († 1637) 743.
HAYASHI SHIHEI (fl. 1785) 745.
HAYES, Charles (1678—1760) 464.
HEBENSTREIT, Johann Ernst (1703—1757) 650, 697.
HECKER, Jan [JOHANN] (†1675) 312.
HECQUET, Philippe (1661—1737) 627.
HEDWIG, Johann (1730—1799) 685, 688-9.
Heidelberg 39, 167, 411.
HEIDENHAIN, Rudolf (1834—1897) 647.
Heilsberg 69.
HEISTER, Lorentz (1683—1758) 650, 667, 684, 687.

HELLOT, Jean (1685—1766) 574.
HELLWAG, Christoph Friedrich (1754—1835) 539.
HELMHOLTZ, Hermann von ~ (1821—1894) 538.
HELMONT, v. Van Helmont.
HELVÉTIUS, Claude-Adrien (1715—1771) 410.
HELVÉTIUS, Jean-Adrien [ADRIAAN] (1661?—1727) 410.
HÉMARDINQUER, J.J. (*c.*) 191.
HENNEPIN, Louis (1640—1700?) 767.
HENRI DE MONDEVILLE (c. 1270—c. 1330) 168.
HENRIC AL II-LEA, regele Franţei (1519—1559) 173, 178.
HENRIC AL III-LEA, regele Franţei (1551—1589) 173.
HENRIC AL IV-LEA, regele Franţei (1553—1610) 173, 424-5, 756.
HENRIC AL VIII-LEA, regele Angliei (1491—1547) 148.
HENRIC AL II-LEA DE NAVARRA [HENRI D'ALBRET] (1503—1555) 123.
HENRION, Denis († înainte de 1632) 237.
HENRY, Thomas (1734—1816) 669.
HENSHAW, Thomas (1618—1700) 416.
HERACLID DIN PONT (388?—321? î.e.n.) 72.
HERACLIT DIN EFES (fl. c. 500 î.e.n) 322.
Herbarium diluvianum, de J.J. Schenchzer (1709) 701.
HERBERSTEIN, Siegmund von ~ (1486—1566) 173.
Herbier de la France, de P. Bulliard (1794) 688-9.
HERING, Constantine (1800—1880) 659.
HÉRISSANT, Louis A.P. (1745—1769) 694.
HERMANN, Jakob (1678—1733) 460, 476, 487, 494.
HERMANN, Jean (1738—1800) 676.
HERMANN, Paul (1640—1695) 420, 423.
HERMBSTÄDT, Sigismund Friedrich (1760—1833) 590.
HERMES TRISMEGISTOS, unul dintre fondatorii mitici ai alchimiei 17.
HERNÁNDEZ, Francisco (1517?—1578) 422, 762-4.
HERODOT (484?—425 î.e.n.) 120-1, 427.
HERON DIN ALEXANDRIA (fl.c. 62?) 38, 54, 535, 541, 550.
HERR, Michel (c. 1492—c. 1550) 179-80.
HERSCHEL, William [FRIEDRICH WILHELM] (1738—1822) 523, 527.
HESELER, B. (fl.c. 1540) 153.
HEURAET, v. Van Heuraet.
HEVELIUS [Johann HEWEL = HAVELKE] (1611—1687) 306, 308-9, 311, 505, 771.
HEYTESBURY, v. William Heytesbury.
HICETAS (sec. V î.e.n.) 72.
HIELM [HJELM] Peter Jacob (1746—1813) 600.
HIGGINS, William (1762/3—1825) 600.
HIGHMORE, Nathanael (1613—1685) 398.
HILDANUS, Fabricius, v. Fabricius.
HILL, Sir John ~ (1716?—1775) 688, 693-4.
HIMLY, Carl (1772—1837) 528.
Hindustan 697.
HINTZSCHE, Éric (n. 1900) 155.
HIPARH DIN NICEEA (fl. 161—127 î.e.n.) 74.
HIPOCRAT DIN CHIOS (Keos) [HIPPOCRATES], matematicianul (fl.c. 450—430 î.e.n.) 37, 42.
HIPOCRAT DIN KOS, medicul (c. 460—c. 377 î.e.n.) 17, 134, 159-62, 400, 403, 656-9.
HIPSICLE DIN ALEXANDRIA (sec. II î.e.n.) 54.
Histoire céleste française, de J. de Lalande 521.
Histoire de l'Académie royale des Sciences, de J.-E. Guettard 556, 605, 768.
Histoire de la médicine, de K. Sprengel 633.
Histoire des arbres et arbrisseaux..., de R.L. Desfontaines 687.
Histoire des champignons de France, de P. Bulliard 689.
Histoire des Chênes, de A. Michaux (1801) 695.
Histoire des familles des plantes de, M. Adanson (1763) 606.
Histoire des oiseaux, de Buffon (1770-83) 602.
Histoire des plantes suspectes et vénéneuses, de P. Bulliard (1794) 688.
Histoire des Quadrupèdes, de Buffon (1755—1767) 602.
Histoire naturelle de la France méridionale, de J.-L. Giraud-Soulavie (1780) 709.
Histoire naturelle de l'Homme, de Buffon (1749) 480, 602, 680.
Histoire naturelle des Fraisiers, de A.-N. Duchesne (1766) 605, 687.
Histoire naturelle des Poissons, de B. Lacépède (1798—1803) 679.
Histoire naturelle du Sénégal, de M. Adanson (1757) 674, 696.
Histoire naturelle générale et particulière, avec la description du Cabinet du Roi, de Buffon (1749) 602, 677.
Historia coelestis Britannia, de J. Flamsteed (1725) 520.

Historia de la composicion del cuerpo humano, de J. Valverde (1559) 161.
Historia de las cosas de Nueva España, de B. de Sahagún 762.
Historia medicinal, de N. Monardes 762.
Historia naturalis, de J. Johnston 380.
Historia naturalis Brasiliae, de G. Marcgrav (1648) 423, 765.
Historia natural y moral de las Indias, de J. d'Acosta (1590) 763.
Historia plantarum generalis, de J. Ray (1686—1704) 415, 419, 601.
Historia terrae et maris..., de J.C. Fűchsel (1762) 703.
History and Present State of Electricity, with Original Experiments, de J. Priestley (1767) 565.
HJELM, v. Hielm.
HOAR, Leonard (1630?—1675) 775.
HOASHI BANRI (sec. XVIII—XIX) 744.
HOBBES, Thomas (1588—1679) 212, 292.
HOCQUART, Gilles (1694—1783) 767.
HODGSON, James (1672—1755) 464.
HOEFNAGEL, Joris (1545—1600) 179.
HOFFMANN, Friedrich (1660—1742) 573, 623, 634-5, 651-4.
HOFFMANN, Georg Franz (1762—1826) 688-9.
HOFFMANN, Johann Moritz (1653—1727) 421.
HOFFMANN, Moritz (1622—1698) 421.
HO KUO-TSONG (†1766) 738.
HOLBACH, Paul-Henri DIETRICH D' ~ (1723—1789) 712.
HOLBEIN, Hans (1497—1543) 179.
HOLMBOE, Berndt M. (1795—1850) 478.
Holstein 247.
HOMBERG, Wilhelm (1652—1715) 547, 575.
HOMER (sec. IX î.e.n.) 160.
Homocentrica, de G. Fracastro (1538) 67.
Homo diluvii testis, de J.J. Scheuchzer (1726) 712.
HOOKE, Robert (1635—1703) 207, 319, 383, 396, 398, 415-7, 427, 430-1, 433-5, 508, 526, 543, 546, 552, 576-7, 715, 771, 774.
HOPE, Thomas-Charles (1766—1844) 543.
HORAŢIU (65—8 î.e.n.) 55, 70.
HOREZMI, al- ~ [al-KHWĀRIZMĪ], MUHAMAD IBN MŪSĀ AL- ~ († c. 850) 30.
HORNE, v. Van Horne.
HORNER, William George (1786—1837) 742.
Horologium oscillatorium, de C. Huygens 248, 254, 286, 315.
HORROCKS, Jeremiah (1617—1641) 309, 312.
Hortus britanno-americanus, de W. Sherard (1767) 695.
Hortus Cliffortianus, de C. von Linné (1738) 683, 694.
HOSHINO RYOETSU (fl. 1798) 744.
HOSKIN, Michael A. *(c.)* 682.
HOTMAN, Jean (1552—1636) 126.
HOUEL, Nicolas (c. 1524—1587) 166.
HOULLIER, Jacques († 1562) 160.
HOUSTON, William (1695?—1733) 695.
HOW [HOWE], William (1620—1656) 421.
HOWARD, John (1726—1790) 665.
Haxne 711.
Huang-ho 452.
HUBERT, Robert [FORGES] (fl. 1664) 435.
HUDDA, Jan (1628—1704) 474.
HUDSON, William (1730?—1793) 688.
HUGHES, Griffith (fl. 1750) 696.
HUMBERT, Pierre (1891—1953) 309.
HUMBOLDT, Alexander von ~ (1769—1859) 645, 705, 761, 764, 766.
HUNDT, Magnus (1449—1519) 151-2.
HUNTER, John (1728—1793) 615, 650, 667.
HUNTER, William (1718—1783) 667.
Huroni 756.
HUTTON, James (1726—1797) 429, 548, 699, 704-5.
HUYGENS, Christiaan (1629—1695) 37, 202, 206, 220-1, 226-7, 247-8, 254, 286, 309-11, 315, 319-20, 385, 390, 396, 428, 433, 462, 479, 481, 494-7, 501, 504, 506, 517, 522, 531, 533, 537, 543-4 551-2, 559, 715, 771.
HUYGENS, Constantijn (1596—1687) 206.
HUYGENS, Lodewijk (1631—1699) 320.
Hveen, insula ~ 89-90.
Hydraulica, de Jean Bernoulli (1742) 497.
Hydrodynamica, de Daniel Bernoulli (1738) 496, 631.

IACOB I, regele Angliei (1556—1625) 206.
Iberică, peninsula ~ 57, 754.
IBN AL-HAYTHĀM, v. Alhazen.
IBN AL-NAFĪS (1210—1288) 158.
IBN SĪNĀ v. Avicenna.
Ichtyologie véronaise, de S. Volta 700.
Icones plantarum, de C. Schmiedel 687
Icones plantarum medicinalium, de J.J. von Plenck şi J. H. Zorn 693.
Ienisei 703.
Ierusalim 126.
Iezuiţi 54, 164-5, 394, 409, 418, 423, 427,

429, 431, 483, 496, 691, 697, 711, 733-9, 743, 745, 754-6, 758, 760, 763, 765.
IGNACE DE LOYOLA, sfîntul ~ [INIGO DE LOYOLA = IGNAȚIU DE LOYOLA] (c. 1491—1556) 14.
Il Saggiatore, de G. Galilei (1623) 209—10, 307.
ILLIGER, Johann K.W. (1775—1813) 679.
Illinois 756.
Illustrations of the Huttonian Theory, de J. Playfair (1802) 705.
IMAMURA CHISHO (fl. 1639) 741.
Imitația lui Iisus Hristos, probabil de Toma din Kempis 15.
IMPERATO, Ferrante (sec. XVI) 174.
In artem analyticum isagoge, de F. Viète 228.
INCARVILLE, Pierre-Nicolas LE CHÉRON D'~ (1706—1757) 697.
Incași 758.
Inchiziție 519, 759, 765.
INDAGINE, Johannes Ab [Johann von HAGEN] (sec. XVI) 163.
India, Indiile Orientale, indieni 26, 164, 323, 380, 406, 423-4, 451, 574, 674, 676, 697, 702, 733, 748-51, 754, 757.
Indian, oceanul ~ 120, 458, 516, 698-9.
Indiile Occidentale, indienii din America 406, 697, 754-5, 758, 762-3, 769, 772.
Indonezia 164, 751.
INGENHOUSZ, Jan (1730—1799) 550, 692.
Ingolstadt 39, 44.
INGRASSIA, Giovanni Filippo (1510—1580) 156, 164.
Insectoteologia, de F.C. Lesser (1735-8) 680.
Institutiones anatomicae, de G. d'Andernach 152.
Institutiones calculi differentialis, de L. Euler (1755) 466.
Institutiones calculi integralis, de L. Euler (1768-70) 466.
Institutiones medicae, de H. Boerhaave (1708) 623.
Instrumentbuch, de P. Apianus 44.
Introducere în Elementele lui Euclid, de Regiomontanus 28.
Introducere în geometrie, de C. Bouelles (1503) 54.
Introducere pentru grădinile fructifere și de zarzavaturi, de J. de Quintinie (1690) 424.
Introductio in analysis infinitorum, de L. Euler (1748) 466, 469, 476, 478, 487.
Introduction à l'analyse des lignes courbes algébriques, de G. Cramer (1750) 486.
IOAN AL XXIII-LEA, papa ~ [Baldassare COSSA] (c. 1370—1419) 82.
Ionieni 624.
Ipoteze asupra planetelor, de Ptolemeu 66.
Iran 423.
Irlanda 431, 600.
IRVINE, William (1743—1787) 549.
ISAAC JUDAEUS († c. 932) 159.
ISABELA I, regina Castiliei (1451—1504) 166.
Isagogae breves, de J.B. da Carpi (1522) 149.
ISIDOR DIN SEVILLA, episcopul ~ (c. 560—636) 124.
Islam 747, 749.
Islanda 433, 674, 688, 698, 715.
Istoria naturală, de Pliniu 770.
Italia, italieni 13-4, 21, 23, 25-9, 32, 34-6, 38, 44, 46-7, 52, 54, 69-70, 78, 83, 95, 104, 107, 127, 133, 138-9, 147, 149, 156, 158-9, 161-2, 164-5, 169-70, 384, 396, 399, 401, 403-4, 407-8, 410-1, 415, 418, 421-5, 430, 432, 434, 458, 460, 471, 473, 483-4, 503, 528, 530, 573, 579, 614, 620, 649-50, 653, 655, 660-1, 664-5, 667, 669, 676, 687-8, 691, 694, 697, 700-2, 707, 734, 755, 757, 763.
ITARD, Jean *(c.)* 32, 323, 448.
IULIU CEZAR, împărat roman (101—44 î.e.n.) 82.

JABLONSKY, Charles Gustav (1756—1787) 679.
JACOBI, Carl Gustav Jacob (1804—1851) 469, 471-2, 534.
JACOBI, M. (sec. XVII) 615.
JACOPO DA CREMONA († c. 1452) 38.
JACOPO MARIANO, v. Mariano
Jacques Vaucanson, mécanicien de génie, de A. Doyon și L. Linaigre (1966) 630.
JACQUIN, Nicolaus Joseph (1727—1817) 579, 694, 688, 696.
JALLABERT [JALABERT], Jean (1712—1768) 662.
Jamaica 424, 574, 758.
JAMSHĪD IBN MAS'ŪD AL-KASHĪ, v. Kashi.
JAN AL III-LEA SOBIESKI, regele Poloniei (1624—1696) 309.
Japon and the Western World, de G.B. Sansom 746.
Japonia, japonezi 406, 423, 472, 697, 733, 740-5.
Jardin de la Malmaison, de P. Ventenat (1803) 694.
Jardin du Roi [du Roy] din Paris 408, 420-2, 425, 602, 604, 673, 679, 684-7, 693-4, 714, 767-8, 772.
JARTOUX, Pierre (1670—1720) 735, 738.
Java 423, 697.

Javel 455.
Jaypur 750.
JAYSINGH II, maharajah (1699—1743) 749.
JEAN DE BÉTHENCOURT (c. 1360—1425) 164.
JEAN DE CELAYA, v. Celaya.
JEFFERSON, Thomas (1743—1826) 772.
Jena 426, 688.
JENNER, Edward (1749—1823) 622.
JOÃO al III-lea, regele Portugaliei (1502—1557) 754.
JOÃO al VI-lea, regele Portugaliei (1767—1826) 755, 766.
JOHN [JOHANNES] SCOTUS ERIUGENA (c. 800—c. 877) 73.
JOHANNES DE KETHAM, v. Ketham.
JOHNSON (fl. c. 1775) 704.
JOHNSON, Thomas († 1644) 422.
JOHNSTON, John, v. Jonston.
JOLLIET [JOLIET], Louis (1645—1700) 767.
JOLYCLERC, Nicolas († 1817) 693.
JONES, William (1675—1749) 476.
JONSTON, John [JONSTONIUS = Jan z SZAMOTUŁ] (1603—1675) 380-1, 425, 678.
JORDANUS NEMORARIUS († 1237) 23, 28, 32, 36, 44, 54, 61, 104, 111.
JORGE, v. Juan y Santacilia, Jorge.
JOSÉPHINE, împărăteasa Franței (1763—1814) 694.
JOSSELYN, John (fl. 1633—1675) 770.
JOUBERT, Laurent (1529—1583) 161, 166.
Journal de physique, de J.-A. de Luc 702.
Journal des Savants [Sçavans] 208, 213, 295, 391, 395, 462.
JUAN Y SANTACILIA, Jorge (1713—1773) 763.
JUNCKER, Gottlieb Johann (1683—1759) 371.
JUNG, Joachim [JUNGIUS] (1587—1657) 412-3, 418-9.
JUNGERMANN, Ludwig (1572—1653) 421.
JUNTE [GIUNTA], editori venețieni (sec. XVI) 153, 160.
JURIN, James (1684—1750) 465.
JUSSIEU, Adrien de ~ (1797—1853) 681, 685-6.
JUSSIEU, Antoine de ~ (1686—1758) 421, 681, 683-6, 693, 711.
JUSSIEU, Antoine-Laurent de ~ (1748—1836) 602-3, 685-7, 698, 706.
JUSSIEU, Bernard de ~ (1699—1777) 421, 602, 681, 683—7, 693-4, 697, 706, 767, 772.
JUSSIEU, Joseph de ~ (1704—1779) 674, 685-6, 695, 763.
KAEMPFER, Engelbert (1651—1716) 423.
KAGAWA GENETSU (1653—1735) 742.
KALBE, Ulrich RÜLEIN VON ~ [CALBUS] (+ 1523) 127, 429.
KALM, Pehr (1716—1779) 767-8.
KAMALĀKARA (fl. 1658) 749.
Kamceaka 673.
KAMEL, Georg Joseph [CAMELLIUS] (1661—1706) 423.
K'ANG-HI, împăratul Chinei (de la 1662 la 1722) 734-40.
KANT, Immanuel (1724—1804) 513-4, 641.
Kao-tsong yu-ting yi-tsong kin-kien (Oglinda aurită a medicinii) (1749) 739.
KASHĪ, Jamshid ibn Mas'ūl ibn Mahmūd, Girgāț ed-Din al- ~ († c. 1436) 59.
KAUB, v. Cuba.
KAUFFMAN, v. Mercator.
KEILL, James (1673—1719) 401, 463, 482, 630-1, 634, 646, 648.
KEITH, Alexander (+ 1819) 544.
KELVIN [Sir William THOMSON], lordul ~ (1824—1907) 546, 569.
KENTMAN, Johann (1518—1574) 173, 434.
KEPLER, Johannes (1571—1630) 11, 17-8, 24, 53, 64, 66, 74, 78, 80-1, 83, 85-6, 90-2, 201-3, 208-10, 215-6, 218, 225, 237, 269, 290, 293, 309, 311, 434, 452, 505, 510-1, 514, 771.
KERCKRING, Thomas Theodor (1640—1693) 389.
KERNER, Johann Simon von ~ (1755—1830) 694.
KETHAM, Johannes de ~ (fl. 1460) 151.
Kew 694.
Kiangtsu 737.
KIEN-LONG, împăratul Chinei (1711—1796) 734-5, 740.
K'in t'ien Kien (Biroul imperial de astronomie) 734, 737-8.
KIRCHER, părintele Athanasius ~ (1601—1680) 122, 402, 427, 431-2, 531, 619.
KIRWAN, Richard (1735—1812) 589-90, 596-8.
KLEIN, Jacob Theodor (1685—1759) 673, 675.
KLEIST, Ewald JÜRGEN VON ~ (1700—1748) 558.
KLINGENSTIERNA, Samuel (1698—1765) 527-8.
KNAUT, Christian (1654—1716) 687.
KNAUT, Christoph (1638—1694) 420.
KOBAYASHI KANESADA († 1637) 743.
KOEGLER, părintele Ignaz ~ (1680—1746) 734, 737.
KOELREUTER [KÖLREUTER], Joseph Gottlieb (1733 — 1806) 613, 681-2, 689-90.

KOENIG, Johann Gerhard (1729—1785) 687, 697.
KOENIG, Samuel (1712—1757) 495.
Ko-i-Hō, ṣcoală medicală japoneză 742.
KOLBE, Peter (1675—1726) 674.
Kőln 113, 170, 410.
K'ONG KI-HAN (1737—1783) 739.
Königsberg (Franconia de jos) 26.
KOYRÉ, Alexandre (1892—1964) 220, 262, 265, 292.
KRAFFT, Georg Wolfgang (1701—1754) 549.
KRAFFTHEIM, v. Crato von Krafftheim.
KRAMER [KRAMMER], Johann Georg (+ 1742) 676, 687, 689.
KRAṢENINNIKOV, Ştefan P. (1711 sau 1713—1755) 673.
Kuangtung 737.
Ku-kin t'u-chu tsi-tch'eng (Colecţie de cărţi vechi şi moderne), de Tchen-Meng-lei 738.
Kulm 70.
KULMUS, Johann Adam (1689—1745) 744.
KUNCKEL VON LŐWENSTERN, Johann (1638—1703) 575.
KYBER, David († 1553) 183.
Kyoto 743.

LABAT, Jean-Baptiste (1663—1738) 696.
LA BILLARDIÈRE, Jacques HOUTOU DE ~ (1755—1834) 694, 696.
LA BOË, v. De Le Boë.
Labrador 698, 757.
LA BROSSE, Guy de ~ (1586? —1641) 425.
LA BRUYÈRE, Jean de ~ (1645—1696) 218.
LACAILLE, Nicolas-Louis de ~ (1713—1762) 515-6, 520-1, 538.
LACÉPÈDE, Bernard G.F. de ~ (1756—1825) 673, 677, 679.
LA CHAMBRE, Martin CUREAU DE (1596—1669) 388, 664.
LA CONDAMINE, Charles-Marie de ~ (1701—1774) 518, 695, 763.
LACROIX, Sylvestre-François (1765—1843) 459, 466, 483, 488, 766.
LADISLAU al VI-lea, regele Ungariei († 1457) 25.
LAENNEC, René Th. H. (1781—1826) 163, 660.
LAFITAU, Joseph-François (1681—1740) 711.
La Flèche 54.
LA FONTAINE, Jean de ~ (1621—1695) 393.
LA GALISSONNIÈRE, Roland-Michel BARRIN DE ~ (1693—1756) 768.
LAGNY, Thomas FANTET DE ~ (1660—1734) 474, 476.
LAGRANGE, Joseph-Louis (1736—1813) 459-60, 464-81, 487-8, 493, 498, 500-2, 512-4, 536, 626.
LAGUNA, Andrés (c. 1495—1560) 150, 161.
La Haye 679.
LA HIRE [LA HYRE], Laurent de ~ (1606—1656) 413.
LA HIRE, Philippe de ~ (1640—1718) 484-5, 487, 536, 736, 749.
LALANDE, Joseph-Jérôme LE FRANÇOIS DE ~ (1732—1807) 515, 521.
LALANDE, Michel-J.-J. LE FRANÇOIS DE ~ (1766—1839) 521.
LALLA (sec. VII) 749.
LALOUBÈRE [LALOVERA], Antoine de ~ (1600—1664) 249.
La Malmaison 694.
LAMARCK, Jean-Baptiste de MONET DE ~ (1744—1829) 589-90, 673, 682-3, 686, 698.
LA MARRE [LA MARE], părintele Étienne de ~ (1597—1686) 278.
LAMARTINIÈRE, Germain PICHAUT DE ~ (1696—1783) 666.
LAMBERT, Johann Heinrich (1728—1777) 460, 466, 476-7, 483-5, 512, 528-9, 545, 548.
Lambeth 435.
LA MÉTHERIE, Jean-Claude de ~ (1743—1817) 693.
LA METTRIE, Julien OFFROY DE ~ (1709—1751) 589, 690.
LAMY, Guillaume (1644—1682) 394.
LANCISI, Giovanni Maria (1654—1720) 661, 665.
LANDEN, John (1719—1790) 465, 467, 471.
Landshut 44.
LANGE, Johann (1485—1565) 167.
LANGLOIS, Claude († 1750) 505, 513.
LANGRENUS [Miguel F. de LANGREN] (1600—1675) 308.
Languedoc 134, 421, 424.
LANSBERGE, Philip VAN ~ (1561— 1632) 308.
LANZIUS [Johann LANZ] († 1638) 253.
LA PÉROUSE, Jean-François de GALAUP, conte de ~ (1741—1788) 674, 698.
LA PEYRONIE, François GIGOT DE ~ (1678—1747) 641, 666-7.
LAPLACE, Pierre-Simon (1749—1827) 456, 459, 461, 465, 467, 471-2, 476, 479-82, 500, 510, 512-4, 517, 537, 544, 547-50, 586-7, 622, 625.
Laponia 421, 496, 519, 683, 688.
LA QUINTINIE, Jean de ~ (1626—1688) 424.

Larismethique, de É. de la Roche (1520) 32, 55.
LA RIVIÈRE, Estienne de ~ (fl. c. 1539) 151.
LA ROCHE, Estienne de ~ (fl. c. 1520—1538) 32, 55.
La Rochelle 645, 706.
LA ROQUE, Jean de ~ (1661—1745) 697.
LA SABLIÈRE, Marie HESSEIN, doamna de ~ (1636—1693) 393-4.
LA SALLE, René-Robert CAVELIER DE ~ (1643—1687) 755, 767.
LASSONE, François de ~ (1717—1788) 670.
LA TAILLE, Jean de ~ (1540?—c. 1607) 126.
Latini 30, 35, 38, 54-5, 124.
LA TOURRETTE, Marc-Antoine CLARET DE ~ (1729—1793) 693.
Latran 82.
LAUDONNIÈRE, René de GOULAINE DE ~ († c. 1572) 775.
LAUNAY, Louis de ~ (fl. 1564) 167.
LAURAGUAIS, v. Brancas de Lauraguais.
LAUREMBERG, Peter (1585—1639) 425.
LAURENS, André du ~ (1558—1609) 156.
LAURENTI, Joseph Nicolaus (c. 1735—1805) 679.
Lausanne 466, 468, 637.
LAUWERENBURGH, Anthoni (1758—1820) 600.
LAVATER, Johann Caspar (1741—1801) 665.
LA VÉRENDRYE, Pierre GAULTIER DE VARENNES DE ~ (1685—1794) 755, 767.
LAVOISIER, Antoine-Laurent de ~ (1743—1794) 138, 140, 144, 370, 454, 461, 525, 544, 547-50, 572-8, 580-90, 591-6, 599, 622-7, 629, 638, 647, 691-2, 707, 761, 767.
LAVOISIER [Marie-Anne PAULZE], doamna ~ (1758—1836) 583, 589.
LAZECIO, Francesco Feliciano da (fl. 1517) 47.
LE BOË, v. De Le Boë.
LE CAT, Claude (1700—1768) 630, 637, 639.
LECLERC, Georges-Louis, v. Buffon.
LECLERC, Sébastien (1637—1714) 482.
L'ÉCLUSE, Charles de ~ [CLUSIUS] (1526—1609) 167, 183, 190.
Leçons sur le calcul des fonctions, de J.-L. Lagrange (1799) 470.
LE CONTE, Jean (fl. c. 1670) 388.
Lectiones geometricae, de J. Barrow 241, 250.
Lectiones mathematicae, de J. Barrow 250.
Lectures on the Elements of Chemistry, de J. Black (1803) 549.
LEDERMÜLLER, Martin Frobenius (1719—1769) 677.
LEEUWENHOEK, Antony van ~ (1632—1723) 206, 319, 384-6, 390, 396, 398, 416, 433, 611, 631, 672, 677-8, 714, 771.
LEFÉBVRE, Jean (1650?—1706) 312.
LEFÉBVRE [LE FÈVRE], Nicaise sau Nicolas (c. 1610—1669) 365.
LEFÉBVRE [LEFÈVRE] D'ÉTAPLES, Jacques [JACOBUS FABER STAPULENSIS] (c. 1455-1536) 54.
LE GALLOIS, Julien-Jean-César (1770—1814) 645.
LEGENDRE, Adrien-Marie (1752—1833) 459, 461, 465, 467, 469, 471, 476, 479, 481, 483.
LE GENDRE, abatele Antoine ~ (sec. XVII) 425.
LE GENTIL DE LA GALAISIÈRE, Guillaume (1725—1792) 516, 750.
Legile, de Platon 539.
LEHMANN, Johann Gottlob (c. 1719—1767) 703-4.
Lehre von der Verwandschaft der Körper, de K.F. Wenzel (1777) 598.
LEIBNIZ, Gottfried Wilhelm (1646—1716) 6, 127, 202, 209, 269, 295, 427, 431-3, 459-69, 472, 474-5, 479, 488, 492, 494-5, 501, 504, 512, 529, 531, 533-4, 622, 643, 648, 681, 687, 690, 706, 708.
Leiden (Leyda) 58, 61, 411, 426, 430, 503, 544, 588, 590, 593, 623, 652, 660, 670, 771.
Leipzig 26, 29, 39, 71, 86, 209, 426, 432, 461, 670, 688.
LEJEUNE-DIRICHLET, v. Dirichlet.
LÉMERY, Louis (1677—1743) 547, 575, 618.
LÉMERY, Nicolas (1645—1715) 400, 425.
Lemnos, insula ~ 124-5, 167.
LE MONNIER, Louis-Guillaume (1717—1799) 598-9, 695, 777.
LE NÔTRE, André (1613—1700) 425.
LEON al X-lea, papa ~ [Jean de MÉDICIS] (1475—1521) 171, 179.
LEON AFRICANUL [al-HASAN IBN MUHAMAD al-FA'SĪ] (c. 1485—c. 1554) 173
LEONARDO DA PISA [LEONARDO PISANO = FIBONACCI] (c. 1170-aprox. 1240) 23, 28, 31-3, 61.
LEONARDO DA VINCI (1452—1519) 6, 14, 16, 17, 19, 21, 24, 35-7, 40, 63, 66-7, 68, 94-5, 97-101, 104, 119-21, 138, 145, 148, 151, 158, 163, 382, 395, 427, 484.
LEONICENO, Niccoló (1428—1524) 160-1.
LÉOTAUD, Vincent (1595—1672) 353.
LE PAULMIER, v. Paulmier.
LÉRI [LÉRY], Jean de ~ (1534—1611) 765.

LE ROND, Jean, v. Alembert, Jean d'~.
LEROY, Jean-Baptiste (1720—1800) 564.
LEROY, Jean-François *(c.)* 601, 604, 675.
LEROY, Julien (1686—1759) 522.
LESCARBOT, Marc (c. 1570—c. 1630) 767.
LESLIE, P. Dugud (fl. c. 1778) 588.
L'ESPINE, Jehan de ~ (fl. c. 1553) 162.
LESSER, F.C. (fl. c. 1735—1739) 680.
Lettres philosophiques sur la formation des sels et des cristaux, de L. Bourguet (1729) 692.
Lettres, de P.-L. Maupertuis 608, 612.
Lettres philosophiques, de Voltaire (1734) 492.
Lettres physiques et morales sur les montagnes et sur l'histoire de la terre et de l'homme, de J.-A. de Luc (1778) 702.
Lettres sur la botanique, de J.-J. Rousseau 693.
LETTSOM, John Coakley (1744—1815) 698.
LEURECHON, părintele Jean ~ (1593—1670) 541.
Levant 138, 420, 422-3, 458.
LEVASSEUR (sec. XVIII) 768.
LE VERRIER, Urbain (1811—1877) 513.
LEVI BEN GERSON [LEO DE BAGNOLS = = LEO HEBRAEUS] (1288—1344) 23, 27, 28.
LEVRET, André (1703—1780) 669.
LÉVI, Jacques *(c.)* 528.
LEWIS, William (1714—1781) 574.
LEXELL, Anders Johan (1740—1784) 476.
Lexicon graeco-latinum, de G. Crestone (1499) 160.
Lexicon graeco-latinum, de P. Gilles (1532) 160.
L'HÉRTIER DE BRUTELLE, Charles-Louis (1746—1800) 688.
L'homme-plante, de J. La Mettrie (1748) 690.
L'HÔPITAL, Guillaume de ~ (1661—1704) 459, 462-3.
LHUYD, Edward (1660—1709) 430-1, 435.
LIAIGRE, Lucien *(c.)* 630.
LIBAVIUS [Andreas LIBAU] (c. 1550—1616) 127, 576.
Libellus super vigintiduobus elementis conicis, de J. Werner 40.
Liber anathomiae corporis humani, de G. Zerbi (1502) 149.
Libro che tratta di mercanzie e usance di paesi, de autor anonim (1481) 34.
Libro de abaco, de F.F. da Lazecio 47.
Libro de algebra en arithmetica y geometria, de P. Nuñez (1564) 57.
Libro de la anathomia del hombre, de B.M. de Monserrate (1531) 161.
Libro de plata reduzida, de F. Guarreguilla (1607) 760.
Libro general de las reducciones de plata y oro, de J. de Belveder (1597) 760.
Liceul din Nürnberg 39.
LIE, Sophus (1842—1889) 468.
LIÉBAULT, Jean (1534?—1596) 127.
LIEBERKÜHN, Johann Nathanael (1711—1756) 649, 672.
LIEBIG, Justus von ~ (1803—1873) 623.
Liège 123.
LIEU SONG-LING (fl. 1757) 737.
LIEUTAUD, Joseph (1703—1780) 649, 651.
LI JUEI [LI CHANG-TCHE] (1773—1817) 739-40.
LILIO, Luigi (c. 1510—1576) 82-3.
Lille 425.
Lima 759-61.
LIMBOURG, Jean-Philippe de ~ (1726—1811) 702, 704.
LINACRE, Thomas (1460?—1524) 148, 160-1.
Lincolnshire 314.
LIND, James (1716—1794) 665.
LINDEMANN, Ferdinand von ~ (1852—1939) 477.
LINING, John (1708—1760) 773.
LINNÉ, Carl von [LINNAEUS] (1707—1778) 183, 412-3, 415, 420-3, 601-5, 661, 675-7, 679, 681-90, 692, 694, 697, 700, 706, 713, 764, 767, 771-2.
LINSCHOTTEN, Jan Huyghen VAN ~ (1563—1611) 191.
Linz 25.
LIPPI, Auguste (1678—1704) 696.
Lisabona 57, 754-5, 765-6.
LISTER, Martin (1638?—1712) 383, 430-1.
LI TCHE-TSAO († 1630) 735.
Lithophylacii britannici iconographia, de E. Lhuyd (1699) 431.
Liu-li yuan-yuan (Oceanul calculelor calendarului), de Ho Kuo-tsong și Mei Kutch, eng 738.
Liverpool 309.
Livre d'heures, de Ana de Bretagne 163.
Livre singulier et utile touchant l'art et la pratique de géométrie, de C. de Bouelles (1511) 54.
Loara 173.
LOBACEVSKI, Nicolai Ivanovici (1792—1856) 483.
LOBEL, Matthias de ~ [LOBELIUS] (1538—1616) 183.
LOBERA DE AVILA, Luis (fl. 1551) 159.
LO CHE-LIN (1821?—1853) 739-40.
Loch Ness 435.
LOEFLING, Pehr (1729—1756) 684.

LOESEL, Johann [LOESELIUS] (1607—1655) 421.
LOGAN, James (1674—1751) 690, 771-2.
Logarithmotechnia, de N. Mercator (Kauffman) 247.
Logistica quae et arithmetica vulgo dicitur, de J. Buteo (1559) 55.
LOMBARD, Pierre (fl. c. 1612) 306.
LOMONOSOV, Mihail V. (1711—1765) 585, 713.
Londra, londonezi 57, 78-9, 161, 379, 403, 419, 459, 464, 480-1, 509, 529, 561, 613, 630, 666, 696, 698, 711, 757, 769-72, 774.
LONDRIC (sec. XVI) 189.
LONGOMONTANUS [Christian SÖRENSEN] (1562—1647) 91, 308.
LONICER, Adam [LONIZER = LONICERUS] (c. 1528—1586) 174.
LÓPEZ DE GÓMARA, Francisco (1510?—1560) 174, 190.
LÓPEZ, VILLALOBOS, Ruiz (1473—1549) 166.
LORDAT, Jacques (1773—1870) 658.
Lorena 123, 688.
LORENTZ, Hendrik Antoon (1853—1928) 559
LORIA, Gino (1862—1954) 48.
LORRY, Anne-Charles (1725—1785) 641.
LOUIS, Antoine (1723—1792) 666-7.
LOUIS DE GRENADE [Luis de SARRIA] (1504—1588) 162.
Louisburg 756.
Louisiana 756, 767.
Louvain 41, 152-3, 160, 169, 183, 411.
LOWER, Richard (1631—1690/91) 410.
LOYOLA, v. Ignace de Loyola.
Lucerna 711.
LUCREȚIU [Titus LUCRETIUS CARUS] (198?-55? î.e.n.) 560.
LUDOLF, Christian Friedrich (1707—1763) 777.
LUDOVIC al XIII-lea, regele Franței (1610—1643) 425.
LUDOVIC al XIV-lea, regele Franței (1638—1715) 206, 311, 405, 422, 424-5, 452, 750.
LUDOVIC al XV-lea, regele Franței (1710—1774) 452, 685, 695.
LUDOVIC al XVI-lea, regele Franței (1754—1793) 466, 693.
LUDWIG, Christian Friedrich (1751—1823) 651, 680.
LUDWIG, Christian Gottlieb (1709—1773) 684, 687.
LULLE, Raymond [Raimundo LULIO] (c. 1233—1315) 174.
Lumea Nouă 164, 166, 607, 670, 676, 709, 731, 754, 759-60, 762-3.
Lund 683.
Lunettes et télescopes, de A. Danjon și A. Couder 312.
LUREIRO, João de ~ (1710—1791) 697.
LUSITANUS, Amatus [João RODERIGO DE CASTELLO] (1511—1568) 166, 171.
LUTHER, Martin (1483—1546) 14, 45, 81.
Luvru 173.
Luxeuil 123.
Lyon 30, 32, 51, 55-6, 160-1, 544, 696.
LYONET, Pierre (1707—1789) 616, 672, 679.

Macao 171.
MACBRIDE, David (1726—1778) 579.
MACHIN, John (1680—1751) 476.
McKEON, Robert *(c.)* 312.
McKIE, Douglas (1896—1967) 365.
MACLAURIN, Colin (1698—1746) 464-5, 470-1, 479, 485-6.
MACQUER, Pierre-Joseph (1718—1784) 547, 573-5, 579, 585-6, 589.
Madagascar 423, 696-8.
Madeleine, insulele ~ 767.
Madera 754.
Madrid 97, 753, 761, 764.
MAETERLINCK, Maurice (1862—1949) 518.
Magasin für die Botanik, fundat de J. Roemer 693.
MAGATI, Cesare (1579—1647) 408-9.
Magdeburg 279.
Magellan, strîmtoarea ~ 698.
MAGELLAN [Fernão de MAGALHÃES] (1480?-1521) 174.
MAGELLAN [João Jacinto de MAGALHÃES] (1722—1790) 548.
MAGENDIE, François (1783—1855) 645.
Magia naturalis, de G. della Porta 318, 345.
MAGGI, Bartolomeo (1516—1552) 169.
MAGINI, Giovanni Antonio (1555—1617) 59.
MAGNI, Valeriano (c. 1587—1661) 204, 208.
MAGNOL, Pierre (1638—1715) 418-9, 421, 602, 686.
MAGNUS, Gustav (1802—1870) 626.
MAGNUS, Olaus, v. Olaus Magnus.
MAHUDEL, Nicolas (1673—1747) 711.
MAILLET, Benoist de (1658—1738) 608, 707.
Mainz 54, 170.
MAIRE, Jean (1617—1656) 206.
MAJOR, Johann Daniel (1634—1693) 410.
Makarandavivarana, de Nrsimha 749.
Malabar 423, 697.
Malacca 697.
MALASPINA, Alejandro (1754—1809) 764.
MALEBRANCHE, Nicolas (1638—1715) 202, 208, 213-4, 216, 218-20, 283-4, 327-8, 331, 339-40, 342-3, 462, 529, 533.

MALFATTI, Giovanni Francesco (1731—1807) 460, 485.
Malines 183.
MALPIGHI, Marcello (1628—1694) 384, 386, 391, 398, 412—9, 610, 631, 646, 771.
Malta 421—2.
MALUS, Étienne-Louis (1775—1812) 533.
Malvoisine 518.
MANARDI, Giovanni (1462—1536) 160.
MANFREDI, Gabriele (1681—1761) 460.
MANGET, Jean-Jacques (1652—1742) 402, 404.
Manière exacte pour prendre le diamètre des planètes..., de A. Auzout 312.
Manilla 423, 697.
MANTEGNA, Andrea (1431—1506) 151.
Mantua 39, 48.
Manualul istoric al lucrărilor de protecție a coastei Chekiangului, de Ts'i Chaonan (1751) 739.
MANUCE, Alde [Aldus MANUTIUS] (1448—1515) 160.
MANUEL I, regele Portugaliei (1469—1521) 179.
Map of the British and French Dominions In North America, de J. Mitchell (1755) 771-2.
MAPPUS [MAPP], Marcus (1632—1701) 425.
MARALDI, Giacomo Filippo (1665—1729) 538.
MARAT, Jean-Paul (1743—1793) 529—30.
MARBODIUS, episcopul ~ (1035—1123) 126, 128.
MARCGRAV, Georg (1610—1644) 422, 765.
MARCHANT, Jean († 1738) 413, 422, 605.
MARCHANT, Nicolas († 1678) 413, 421.
MARCI DE KRONLAND, Joannes Marcus [Jan MAREK] (1595—1667) 101.
Marea Britanie, britanici 139, 419, 421, 459, 461, 676, 756, 772, 774.
MARESCHAL, Georges (1658—1738) 666.
MARGARETA D'ANGOULÊME, regina Navarrei (1492—1549) 123, 180.
Margarita Philosophica, de călugărul Gregorius Reisch 42, 55, 65.
MARGGRAF, Andreas Sigismund (1709—1782) 573—4.
MARIANO, Jacopo [IL TACCOLA] (1381—c. 1455) 118.
MARICOURT, v. Pierre de ~
MARIE-VICTORIN, fratele ~ (1885—1944) 767.
Marile lacuri 756, 758.
Marina (Ministerul ~ din Paris) 756, 766-8.
MARIOTTE, Edmé (1620?—1684) 290, 396, 398, 413-5, 526, 545-6.
MARISCOTI, Galeotto (fl. 1617) 338.
MARITI, Giovanni (1736—1806) 697
MARIUS, v. Mayer.
MARLIANI, Giovanni († 1483) 395, 548.
Marly 564, 776.
MARNEF, familie de tipografi parizieni (sec. XV—XVI) 160.
Maroc 394.
MAROLOIS, Samuel (1570?—1627) 484.
MARQUET, François-Nicolas (1687—1759) 688.
MARQUETTE, Jacques (1637—1675) 767.
MARRE, Aristide (1823—1918) 30.
MARSIGLI, Luigi Ferdinando (1658—1730) 676-7.
Marsilia 269, 423, 661, 677.
MARTENS, Friedrich (1635—1699) 421.
MARTIN, Benjamin (1704—1782) 704.
MARTINI, Friedrich H.W. (1729—1778) 678.
Martinica 422, 696.
MARUM, v. Van Marum.
Maryland 695.
MASCAGNI, Paolo (1755—1815) 649.
MASCHERONI, Lorenzo (1750—1800) 485.
MASSA, Niccoló († 1569) 149-51
Massachusetts 770.
MASSÉ, Jehan (fl. 1563) 176.
MASSON, Francis (1741—1805) 697.
MĂSTLIN, Michael (1550—1631) 78, 80-1, 88.
MATEI CORVIN [MATTHIAS I], regele Ungariei (c. 1443—1490) 27.
MATHER, Cotton (1662—1728) 711, 770-1, 773, 775.
MATHER, Increase (1639—1723) 775.
Mathesis mosaika, de S. Reyher (1619) 539.
MATHESIUS, Johannes (1504—1565) 127.
Mathură 750.
MATTE-LAFAVEUR, Jean (1660—1742) 368.
MATTHAEUS PLATEARIUS († 1161) 187.
MATTHAEUS SYLVATICUS († c. 1342) 188.
MATTIOLI, Pier Andrea (1501—1577) 168.
MAUGUIN, Charles (1878—1958) 713.
MAUPERTUIS, Pierre-Louis MOREAU DE ~ (1698—1759) 414, 459-60, 492, 494-5, 501, 519, 534, 607-8, 612-4, 682.
MAUREPAS, Jean-Frédéric PHELYPEAUX DE ~ (1701—1781) 766-8.
MAURICE [Joan Maurits = Jean MAURICE] DE NASSAU-SIEGEN (1604—1645) 58, 61, 115.
MAURICE D'ORANGE, conte de NASSAU (1567—1625) 58, 61, 115, 303.
MAURICEAU, François (1637—1709) 409.
Mauritius, insulele ~ 696.

MAUROLICO, Francesco (1494—1575) 52-4.
MAXIMILIAN I, împăratul Sfîntului imperiu roman (1459—1519) 39.
MAXIMILIAN AL II-LEA, împăratul Sfîntului imperiu roman (1527—1576) 184.
MAXWELL, James Clerk (1831—1879) 566-7.
Maya, mayași 753.
MAYENO RYŌTAKU (1723—1803) 744.
MAYER, Johan Tobias (1723—1762) 512, 520, 523.
MAYER, Simon [MARIUS] (1570?—1624) 308, 523.
MAYOW, John (c. 1641—1679) 576-7, 579, 624.
MAZARIN, Jules, cardinal (1602—1661) 207.
Mecanica cerească, de N. Copernic 77.
Mecanica, de G. Galilei 208.
Mécanique analytique, de J.-L. Lagrange (1788) 466, 500, 502.
Mécanique au XVIIe siècle, de R. Dugas (1954) 292.
Mécanique céleste, de P.-S. Laplace 514.
Medicina hydrostatica, de R. Boyle (1693) 396.
MÉDICI, familie italiană (sec. XIV-XV) 160.
MEDICUS [MEDIKUS], Friedrich Kasimir (1736—1808) 695.
MEDINA, Bartolomeo de ~ (c. 1528—1580) 760.
Medina 380.
Mediterană, marea ~ 120, 122, 423, 699, 706.
Mediterana orientală 696.
MEI KUTCH'ENG [MEI KUCH' ĒNG] (1680—1763) 738-40.
Meissen 125.
MEI WEN-TING (1633—1721) 739—40.
MELANCHTON, Philipp (1497—1560) 39, 45, 81.
MELLAN, Claude (1598—1688) 308.
MELLO FRANCO, F. de ~ (fl. începutul sec. XIX) 766.
Mémoires physico-chimiques sur l'influence de la lumière solaire, de J. Sénebier (1782) 692.
Mémoires pour servir à l'étude des Insectes, de C. De Geer (1752—78) 679.
Mémoires pour servir à l'histoire des Insectes, de R.A.F. de Réaumur (1734—42) 628, 678-80.
Mémoires pour servir à l'histoire des Plantes, de D. Dodart (în colaborare) 413.
Mémoires pour servir à l'histoire d'un genre de Polypes d'eau douce, de A. Trembley (1744) 616.
Mémoire sur la chaleur, de P.-S. Laplace și A.-L. Lavoisier (1784) 549.
Mémoires sur la nature sensible et irritable des parties du corps animal, de A. von Haller 637.
Mémoire sur la respiration, de L. Spallanzani (1803) 626.
Mémoire sur la structure et sur l'usage des diverses parties des fleurs, de C.J. Geoffroy (1711) 690.
Mémoire sur la transpiration insensible des plantes, de J.-E. Guettard 691.
Mémoire sur les changements que le sang éprouve dans les poumons et sur le mécanisme de la respiration, de A-L. Lavoisier (1777) 624.
MENCIUS [MĂNG-TZĬ] (372—289 î.e.n.) 740.
MENDEL, Johann [sau Gregor] (1822—1884) 690, 771.
MENDES PINTO, Ferñao (1510—1583) 165
MENELAUS DIN ALEXANDRIA [MENELAOS] (sec. I—II) 27, 38, 53.
MENGOLI, Pietro (c. 1626—1686) 247.
MENTZEL, Christian (1622—1701) 423-4.
MERCATI, Michele (1541—1593) 121, 434, 711.
MERCATOR [CREMER], Gerhard (1512—1594) 348.
MERCATOR, Nikolaus [KAUFFMAN] (c. 1620—1687) 247.
MERIAN, Anna Maria Sibylla (1647—1717) 672, 693.
MERSENNE, părintele Marin ~ (1588—1648) 206-9, 211, 213, 217, 244-5, 268, 271-2, 276-7, 286, 535-6, 538, 541.
MESMER, Franz Anton (1734—1815) 663.
Messina 53, 425.
MESSINO [Master MESSINUS] (fl. c. 1390?) 95.
MESUĒ cel Tînăr [IBN MASSAWAYH] (925?—1015) 167.
Metallotheca, de M. Mercati 711.
Metaphysical Foundations of Modern Physical Science, de E.A. Burtt 292.
Meteoricele, de Aristotel 119.
Méthaphysique, de Aristotel 387.
Méthode de nomenclature chimique, de G. de Morveau, A.-L. Lavoisier, C. Berthollet și A.-F. de Fourcroy (1788) 547.
Méthode pour la mesure des surfaces, de L. Carré (1700) 463.
Method of Fluxions and Infinite Series, de I. Newton 251.
Methodus incrementorum directa et inversa, de B. Taylor (1715) 464.

Methodus inveniendi lineas curvas maximi minimive proprietate gaudentes, de L. Euler (1744) 468.
Methodus plantarum emendata et aucta, de J. Ray (1703) 419.
METIUS, Adriaan (1571—1635) 227.
METON (fl. c. 432 î.e.n.) 83.
Metoscopia, de G. Cardano 163.
Meudon 177.
Meusa 139.
MEUSNIER DE LA PLACE, Jean-Baptiste (1754—1793) 461, 489, 586.
Mexic, mexicani 422, 753, 760-1, 763-4.
Mexico 422, 758-62, 764.
MEYER, Friedrich ((1705—1765) 579.
MEYERSON, Émile (1859—1933) 223.
MICHAEL SCOTUS [MICHAEL SCOT] († c. 1235) 163.
MICHAUX, André (1746—1803) 694-5.
MICHAUX, François-André (1770—1855) 695.
MICHELANGELO BUONAROTTI (1475—1564) 151.
MICHELET, Jules (1798—1874) 451.
MICHELI, Pier'Antonio (1679—1737) 687-9.
MICHELL, John (1724—1793) 566.
Micrographia, de R. Hooke (1665) 319, 365, 383, 396, 416, 431.
Mic tratat despre corpul omenesc, de Terrentius (J. Schreck) (1625) 735.
Milano 48-9, 97, 148, 629.
Milicia y description de las Indias, de V. Machuca (1600) 761.
MILLER, Philip (1691—1771) 690, 694, 771.
MILLER, S. (sec. XVIII) 687.
MILLINGTON, Thomas (1628—1704) 417.
MILNE, Colin (1743?-1815) 697.
MING, dinastie chineză (1368—1644) 733-4.
MINGGANTOU (c. 1690—c. 1700) 738.
Minorca, insula ~ 664.
MIRBEL, Charles-François BRISSEAU DE ~ (1776—1854) 689.
Mirifici logarithmorum canonis descriptio..., de J. Neper 235, 237.
Miscellanea analytica, de A. de Moivre (1730) 480.
Mişcările sîngelui independente de acţiunea inimii, de L. Spallanzani (1773) 631.
Mississipi 756, 758.
MISSON, François-Maximilien (1650?-1722) 435.
MITCHELL, John († 1768) 771-2.
MIZAULD, Antoine (1520?-1578) 189.
MIZRACHI, Elie [Elijah ben Abraham MIZRAHI] (c. 1445—1526) 59.
MOCIÑO, José Mariano († 1819) 764.
MOCTEZUMA, împărat aztec (1466—1520) 762.
Modena 155, 665.
MOEHRING, Paul Heinrich Gerhard (1710-1792) 679.
MOELLER, Georg Friedrich (sec. XVIII) 689.
MOHR, Georg (1640—1697) 485.
MOHR, Nicolai (1742—1790) 674.
MOISE, personaj din Vechiul Testament 17, 704.
MOITREL D'ÉLÉMENT (1678—1730) 578.
MOIVRE, Abraham de ~ (1667 — 1754) 459, 464, 467, 476, 479, 480-1.
MOLDENHAWER, Johann H.D. (1709—1790) 689.
MOLINA, Juan Ignacio (c. 1738—1829) 763.
Moluce, insulele ~ 674, 696, 698.
MONARDES, Nicolás Baptista (c. 1493—1588) 762.
MONDEVILLE, v. Henri de Mondeville.
MONDINO DEI LUZZI (c. 1275—1326) 14, 147, 149.
MONGE, Gaspard (1746—1818) 459, 461, 465, 467-8, 482, 484—90, 536, 538, 586.
Mongolia, mongoli 680, 751.
MONRO, Alexander *primus* (1697—1767) 650.
MONRO, Alexander *secundus* (1733—1817) 650, 667, 679.
MONS, v. Van Mons.
MONTAGU, Lady Mary WORTLEY (1689—1762) 661.
MONTAIGNE, Michel EYQUEM DE ~ (1533—1592) 124, 168.
MONTALBAÑI, Ovidio (1602?-1671) 425.
MONTAÑA DE MONSERRATE, Bernardino (fl.c. 1551) 161.
Montbard 454, 603.
Montbéliard 185.
Mont Blanc 709.
Monte Baldo 186.
Monte Bolca 700.
Monte San Luca 699
MONTE, Giovanni Battista DEL sau DAL ~ (1498—1552) 163.
MONTE, Guidobaldo DEL (1545—1607) 484.
MONTGOLFIER, Jacques-Étienne de ~ (1745—1799) 526, 586, 765.
MONTGOLFIER, Joseph-Michel de ~ (1740—1810) 526, 586, 765.
Montmartre 125.
MONTMORENCY, Anne, ducesă de ~ (1493—1567) 173.

MONTMORT, Pierre RÉMOND DE ~ (1678—1719) 467, 479.
Montpellier 14, 147, 150, 156, 160, 169-70, 399, 403-4, 411, 420-1, 641, 646-7, 656-7, 662, 666, 668, 670, 688, 706.
Montréal 756, 769.
Mont Rose 709.
Montserrat 695.
MONTUCLA, Jean-Étienne (1725—1799) 238.
Monumenta Serica, de H. Bernard-Maître (1937) 736.
MORE, Henry (1614—1687) 57.
MORGAGNI, Giovanni Battista (1682—1771) 650-1.
MORIN, Jean-Baptiste (1583—1656) 549.
MORISON, Robert (1620—1683) 412, 418-9, 425, 706.
MORLAND, Samuel (1625—1695) 538.
MORO, Anton Lazzaro (1687—1740) 700.
MORTON, Charles (c. 1627—1698) 774-5.
MORTON, Thomas (c. 1585—1646) 402, 770.
MORUS, Thomas (1478—1535) 57.
Moscova 670.
MOTOKI RYOEI († 1794) 744.
MOTTE, Andrew († 1730) 504.
MOUFET [MOUFFET], Thomas (1553—1604) 379-80.
Mozambic 164, 697.
MOZART, Wolfgang Amadeus (1756—1791) 454.
MÜLLER, Johann, v. Regiomontanus.
MÜLLER Otto Friedrich (1730—1784) 619, 676-8.
München 30.
Mundus subterraneus, de A. Kircher 216, 431.
MUNTING, Abraham (1626—1683) 425-6.
MUNTING, Henricus (1583—1658) 426.
Musculorum humani corporis picturata dissectio, de G.B. Canano (1541) 150.
Museum metallicum, de U. Aldrovandi (1648) 435.
MUSSCHENBROEK, Pieter VAN ~ (1692 1761) 492, 526, 544, 558, 568, 570, 624.
MUSTAWFĪ AL-QAZWĪNĪ, Hamdallāh (c. 1281-c. 1340) 187.
Musulmani 731, 734-5, 748, 751.
MUTIS, José Celestino (1732—1808) 696, 764.
Muzee: ~ Aldrovandi 209, 435; ~ Barberini 209; ~ din Bologna 435.
Muzeul național de Istorie naturală (Paris) 420, 673, 695, 767.
MYDORGE, Claude (1585—1647) 234.
MYLIUS, Christlob (1722—1754) 777.
Mysterium cosmographicum, de J. Kepler 78.

Nachrichten von Island, de J. Anderson (1746) 674.
Nagasaki 743-5.
NAKANE GENKEI (1662—1733) 744.
Nanchang 737.
Nankin [Nan Jing] 737.
Nantes 311, 688; Edictul din Nantes 311.
NAPIER, v. Neper.
NAPOLEON BONAPARTE, împăratul Franței (1769—1821) 466, 485, 754.
Napoli, napolitani 53, 82, 119, 147, 156, 163-5, 382, 633.
Narratio de observatis a se quatuor Jovis satellitibus erronibus, de J. Kepler 304.
Narratio prima, de G.J. Rheticus 71, 73, 78, 80.
NĀṢR, v. Ṭūsī.
Natal 755.
Natural History of Carolina, Florida and the Bahama Islands, de M. Catesby (1754—71) 771.
NAUDÉ, Gabriel (1600—1653) 207.
Neagră, marea ~ 122, 423.
Neanderthal, omul de ~ 130.
NECKER, Noël-Joseph (1729—1793) 688, 693.
NÉE, Louis (fl. 1789—1794) 764.
NEEDHAM, John Turberville (1713—1781) 604, 613, 616, 619-20, 691, 702-5.
NEIL [NEILE], William (1637—1670) 249.
NEMESIOS DIN EMESA [NEMESIUS] (sec. IV-V) 158.
NEPER [John NAPIER of MERCHISTON] (1550—1617) 59, 237, 248, 299.
NEUBURGER, Max (1868—1955) 623.
Neuchâtel 701.
Neustadt 80.
New Amsterdam 758.
NEWCOMEN, Thomas (1663—1729) 551.
New Attractive, de R. Norman (1581) 348.
New England Prospect, de W. Wood (1634) 770.
New England's Rareties Discovered..., de J. Josselyn 770.
New English Canaan, de Th. Morton 770.
New Experiments Physico-mechanical, de R. Boyle (1660) 279.
New Microscopical Discoveries, de J.T. Needham (1745) 691.
New Orléans [Nouvelle-Orléans] 767, 769.
NEWTON, Isaac (1643—1707) 6, 85, 201-4,

216, 221, 269, 290, 292-3, 396-7, 401, 428, 449, 452-3, 459, 461-5, 467, 469-72, 474, 476-7, 484-6, 488, 491-2, 494, 496, 501, 503-5, 508-15, 517-22, 527-33, 536-8, 543, 546, 548, 552, 559, 565-7, 570, 591-3, 633-5, 646-7, 681, 696, 708, 771, 773-5, 778.
New Voyage round the World, de W. Dampier (1697) 424.
New York 694, 772.
NICANDRU DIN COLOFON (fl. c. 275 î.e.n.) 161.
Niceea 82-3.
NICOLAI, Arnaud (fl. c. 1550—1589) 179.
NICOLAS [NICCOLO] DE DEOPREPIO (c. 1280-c. 1350) 147.
NICOLAS DE SALERNE [NICOLAUS SALERNITANUS] (sec. XII) 166-7.
NICOMAH DIN GERASA [NICOMACHOS] (fl. c. 90) 32.
NICOMEDES (sec. III sau II î.e.n.) 232, 240.
NICOT, Jean (1530?—1600) 190.
NIEUHOF, Jan (1618—1672) 423.
NIEUWENTIJT, Bernhard (1654—1718) 463.
Nil 120, 122.
Nîmes 709.
Niort 161, 706.
NOBLE, William († 1681) 535.
NOE, personaj biblic 711.
NOLLET, Jean-Antoine (1700—1770) 538, 577-8, 560, 563, 615, 645, 662, 777.
Nomenclatura maimuţelor, de G.-L. Leclerc de Buffon 603.
Nong tcheng Ts'iuan-chu (Tratat de agronomie), de Paul Siu Kuang-k'i 738.
NONIUS, v. Nuñez.
NORMAN, Robert († 1596) 347-8, 357.
Normandia 756.
NORO GENJŌ (fl. 1720) 745.
Norvegia 688, 696
Notes on Virginia, de Th. Jefferson 773.
Notices biographiques et bibliographiques sur les Jésuites de l'ancienne Mission de Chine, de L. Pfister (1932) 736.
Nôtre Dame, insula ~ 169, 425.
Noua Anglie 757, 773.
Noua Caledonie 698.
Noua Spanie 753, 759, 761-2, 764.
Noua Franţă 756, 766-8.
Noua Granadă 753, 761, 764.
Noua Guinee 698.
Noua Olandă 424, 674, 697-8.
Noua Scoţie 756, 768.
Noua teorie a formării filoanelor, de A.G. Werner 704.
Noua Zeelandă 674, 698.
Nouveau cabinet de conchyologie sistématique, de F. Martini şi J. H. Chemnitz (1769—95) 678.
Nouveau livre de Flore, de M. Mérian 693.
Nouveau micromètre enregistreur du Cercle méridien, de H. Renan, 312.
Nouveau système de musique théorique, de J. -Ph. Rameau (1726) 539.
Nouveaux éléments de la science de l'homme, de P.-J. Barthez (1778) 647.
Nouveaux éléments de physiologie, de A. Richerand (1801) 638.
Nouveaux essais, de G. W. Leibniz (1703) 433.
Nouvelle mécanique des mouvements de l'homme et des animaux, de P.-J. Barthez (1798) 638.
Nouvelles conjectures sur la digestion, de C. de La Chambre (1636) 388.
Nouvelles découvertes microscopiques, de J. Turbeville Needham 613.
Nova experimenta physico-mechanica de vi aeris elastica et ejusdem effectibus, de R. Boyle (1669) 624.
Nova experimenta pneumatica respirationem spectantia, de R. Boyle (1671) 396.
Nova methodus pro maximis et minimis..., de G. W. Leibniz (1684) 255.
NOVARA, Domenico Maria da ~, v. Domenico Maria.
Nova scientia, de N. Tartaglia 49, 101-4.
Nova stereometria doliorum vinarium, de J. Kepler (1615) 238, 241.
Nova ursina, de P. C. Scheiner (1630) 428.
Novum organum, de F. Bacon 207.
NRSIMHA (sec. XVII?) 749.
Numidia 696.
NUNEZ [NUÑEZ], Pedro [Petrus NONIUS] (1502—1577) 55, 57, 60, 522.
Nürnberg 23, 27, 39-40, 45, 50, 65, 71, 421.

Oaxtepec 762.
Observationes anatomicae, de G. Falloppio (1569) 155.
Observationes medical, de N. Tulp (1640) 383.
Observations on Some of the Plants in New England..., de P. Dudley (1724) 770.
Observaţii asupra plantelor, de J. Guettard (1747) 688.
Observatoare, v. Indicele de noţiuni.
Occident, Europa occidentală 13, 15, 28, 37, 40, 42, 44, 47, 50, 54, 59, 66, 82, 83, 138-9, 399, 482-3, 544, 660, 713, 731, 733-4, 736-8, 743-5, 751.
Oceania 674.

OCKHAM, v. Guillaume d'Ockham.
ODIERNA, Giambattista (1597—1600) 384.
OEDER, Georg, Christian von ~ (1728—1791) 688.
Oeningen 712.
OERSTED, Hans Christian (1777—1851) 590.
Oeuvre astronomique de Gassendi, de P. Humbert 309.
Ofen 27.
OHM, Georg Simon (1787—1854) 567.
OHNEFALSCHRICHTER, J.G. (sec. XVIII) 680.
OLAFSSON [OLAFSEN], Eggert (1726—1768) 674.
Olanda, olandezi 58, 208, 382-3, 396, 406-7, 409, 411, 416, 420-6, 463, 492, 550, 651, 660, 662, 667, 672, 683, 687, 692-4, 696-7, 743, 745, 755, 758, 765.
OLAUS MAGNUS [Olof MÄNSSON] (1490—1557) 173.
OLBERS, Wilhelm (1758—1840) 511.
OLBY, Robert *(c.)* 682.
OLDENBURG, Henry (1617/20 — 1677) 207.
OLIVI [OLIEU], Pierre (c. 1248—1298) 121.
OLIVIER, Guillaume-Antoine (1756—1814) 674.
Onomasticon medicinae, de O. Brunfels (1534) 160.
Opera, de P. Nuñez (1566) 57.
Opera aliquot, de C. Calcagnini 68.
Opera che insegna a fare ogni regione de mercantia, de Girolamo şi Gian Antonio Tagliente 47.
Opera mathematica, de Clavius (1612) 54.
Opera medicinalia, de F. Bravo (1570) 761.
Opera omnia, a lui G. Cardano 51.
Opera omnia, a lui N. Cusanus (1514) 54.
Opera omnia, a lui L. Euler 466.
Opere, ale lui C. Huygens 356.
Opere matematice, de S. Stevin 59, 61.
OPORINUS [Johannes HERBSTER] (1507—1568) 153, 160.
OPPEL, Friedrich Wilhelm von ~ (1720—1769) 476.
Optica, de P. Ango (1682) 537.
Optica, de R. Descartes (1704) 225.
Optica, de Ptolemeu 320.
Optica, de Witelo 44.
Opticks, de I. Newton (1704) 205, 222-3, 251, 292-4, 328, 331, 341, 463, 486, 552, 591, 633.
Opuscula, de F. Maurolico (1575) 53.
Opuscule, de Rhazes 14.
Opuscules, de J. d'Alembert 498.
Opuscules physiques et chimiques, de A. -L. Lavoisier (1774) 581.
Opusculi di fisica animale et vegetabile, de L. Spallanzani (1776) 629.
Opus geometricum quadraturae circuli et sectionum coni, de G. de Saint-Vincent 241.
Opus novum de proportionibus, de G. Cardano (1570), 50, 104.
Opus palatinum de triangulis, de G. J. Rheticus (1596) 80.
ORESME, Nicole d' ~ (c. 1323—1382) 23, 28, 30, 68, 95.
Organisation des Monocotylédones, de J.-P. de Tournefort (1798) 687.
ORIBASOS DIN PERGAM [ORIBASIOS] (c. 325—c. 400) 161.
Orient, orientali 26, 29, 138-9, 160, 171, 423, 664, 697.
Origines de la biologie expérimentale et l'abbé Spallanzani, de J. Rostand (1951) 631.
Origins of Mendelism, de R. Olby (1966) 682.
Orléans 169-70, 421, 688.
Ornithologie, de M. J. Brisson (1760) 679.
Ornitologia, de F. Willoughby 381.
ORTEGA, Casimiro Goméz de ~ (1740—1818) 688.
Ortus medicinae, de J. B. van Helmont (1648) 362, 414.
Osaka 744-5.
OSBECK, Pehr (1723—1805) 684
OSIANDER, Andreas (1498—1552) 71.
Osnabrück 579.
OTTO [OTHO], Valentin (1550?—1605?) 80.
OUGHTRED, William (1574—1660) 44.
OVIEDO Y VALDÉS, Gonçalo Hernández de ~ (1478—1557) 166, 758.
OWEN, George (1552—1613) 431.
Oxford 95, 106, 411, 417, 426, 435, 459, 697, 774.

PACCHIONI, Antonio (1665—1726) 649.
Pacific, oceanul ~ 424, 516, 674, 698; insulele Oceanului ~ 424, 698.
PACIOLI, Luca [Luca di BORGO SAN SEPULCRO] (c. 1445—c. 1514) 23, 29-30, 32-8, 47, 49-50, 55, 57.
PADILLA, Jean Joseph de ~ (c. 1685—1749) 760.
Pad, valea ~ 104.
Padova 14, 15, 33, 48, 67, 69, 81, 93, 148-9, 152-3, 155-6, 163, 388, 411, 414, 425-6, 485, 645, 660, 670, 694.
PAGEL, Walter (n. 1898) 158.
PALASSOU, Pierre-Bernard (1745—1830) 707.

Palestina 697.
PALFYN, Johannes (1650—1730) 650.
Palingénésie philosophique, de Ch. Bonnet 612.
PALISSY, Bernard (c. 1510—c. 1589) 118-28, 144-5, 167, 427, 706.
PALLAS, Peter Simon (1741—1811) 673, 676, 678-80, 682, 703.
PALSSON [POVELSEN], Bjarni (1719—1779) 674, 707.
PANTAGRUEL, personaj rabelaisian (c. 1532—1546) 19, 176.
PAPIN, Denis (1647—1714) 537, 547, 551, 627
PAPPUS DIN ALEXANDRIA (fl. c. 300) 36, 38, 54, 65, 232.
PARACELSUS [*Ph. A. Theophrastus Bombast von Hohenheim*] (1493—1541) 6, 14, 16-7, 19, 78, 123, 126, 132, 134, 139-44, 158, 161-2, 167-8, 370, 399, 574.
Paraguay 191.
PARDIES, părintele Ignace Gaston ~ (1636—1673) 394, 537.
PARÉ, Ambroise (c. 1509—1590) 123, 156, 159, 161, 163, 166, 169, 173, 407, 410, 744.
PARENT, Antoine (1666—1716) 487.
Paris, parizieni 7, 14, 15, 32, 35, 39, 54-6, 95, 105-6, 123, 148, 150-3, 156, 160-1, 166-7, 169-70, 208, 292, 312, 382, 393, 399, 407-11, 413, 420-1, 425-6, 428-30, 459-63, 466, 470, 477, 479, 481-4, 487, 496, 503-5, 513, 515, 518-22, 526, 538, 553, 581, 586, 613, 618, 630-1, 650, 655, 658-9, 663, 665-71, 673, 679, 684, 694-5, 707-9, 735-6, 756, 763-4, 766, 768, 772, 776.
PARKINSON, John (1567—1650) 189.
Parma 32.
PARMENTIER, Antoine-Augustin (1737—1813) 693.
PARRENIN, părintele Dominique ~ (1665-1741) 735, 739.
PARTINGTON, James Riddick (1886—1966) 365.
PASCAL, Blaise (1623—1662) 44, 86, 113, 204, 208, 479, 484-5, 541, 552.
PASCAL, Étienne (1588—1651) 207, 276.
PASSAVANT, Daniel (1722—1799) 631.
PASTEUR, Louis (1822—1895) 165, 453, 623.
Patagonia 174.
PATIN, Guy (1601—1672) 160, 399.
PATRIZI, Francesco (1529—1597) 79.
PAUL AL III-LEA, papa ~ [Alessandro FARNESE] (1468—1549) 67, 72, 171.
PAUL [PAVEL] DIN EGINA [PAULOS AEGINETA] (fl. c. 640) 161, 163.
PAULET, Jean-Jacques (1740—1826) 689.
PAULLI, Simon (1603—1680) 421, 426.
PAULMIER, Julien de ~ [PALMIERIUS] (1521—1588) 167.
PAULZE, Marie-Anne [Doamna LAVOISIER, apoi doamna RUMFORD] (1758—1836) 583.
Pavia 48, 123, 392, 411, 670.
PAVÓN, José Antonio (1754-1844) 695, 764.
PAZ, Pedro (fl. c. 1623) 760.
PECQUET, Jean (1622—1674) 392.
PEDRINI, părintele (fl. c. 1723) 738.
PEDRO, don ~ [PEDRO I, împăratul Braziliei] (1798—1734)
PEDRO FERNÁNDEZ DE VELASCO, v. Velasco.
PEIRESC, Nicolas-Claude FABRI DE ~ (1580—1637) 398.
Pekin 733, 735-7, 743, 745.
PÉLERIN, Jean [VIATOR] (c. 1438—1524) 484.
PELETIER, Jacques [PELETARIUS] (1517—1582) 44, 51, 55, 60, 79, 123, 161-2, 167-8.
PELL, John, (1611—1685) 478.
PELSENEER, Jean (n. 1903) 204.
PEMBERTON, Henry (1694—1771), 465.
PÉNA, Jean (c. 1528—1558) 79, 89.
PEÑA, Lazare († 1653) 171.
PÉNA, Pierre (1538—1605) 183.
PENN, William (1644—1718) 771.
PENNANT, Thomas (1726—1798) 676, 679-80.
Pennsylvania 771, 775.
PENNY, Thomas (1530?—1589) 379-80.
PEREIRA [PEREYRA], părintele Thomas ~ (1645—1708) 734, 738.
PEREZ DE VARGAS, Bernardo (fl. c. 1569) 127.
Perfitt Description of the Coelestiall Orbes..., de Th. Digges 79.
Pergam 147, 153.
PÉRIER, Florin (1605—1672) 277-8, 282.
Périgord 576.
PÉROLLE [PERROLLE], Étienne (c. 1760 — 1838) 538.
PERRAULT, Charles (1628—1703) 430.
PERRAULT, Claude (1613—1688) 382, 395-6, 401, 413, 415, 430.
PERRAULT, Pierre (1608—1680) 430.
Persia 133, 406, 674.
PERSOON, Christian Hendrik (1755—1837) 688.
Peru, peruvieni 167, 406, 409, 518-9, 522, 574, 695-6, 753, 760-4.
Perugia 32, 149.

Pesaro 54
Petersburg 460-1, 465, 480, 503, 539, 549, 703.
PETIT, Jean-Louis (1674—1750) 650, 666-7.
PETIT, Pierre (1598—1677) 276.
PETIVER, James (c. 1665—1718) 422-3, 696, 770.
PETRARCA, Francesco (1304—1374) 14-5.
PETREIUS, Johannes [HANS PETERLEIN] (c. 1497—1550) 71.
PETRU CEL MARE ţarul Rusiei (1672—1725) 460.
PEUCER, Kaspar (1525—1602) 81.
PEURBACH [PURBACH], Georg von ~ (1423—1461) 23, 25-7, 39, 44, 55, 64-6, 69, 80, 86.
PEYER, Hans Conrad (1653—1712) 398.
PEYLIGK, Johannes (1474-?) 151.
PEYSSONNEL, Jean-André (1694—1759) 677, 685.
PFAFF, Johann Friedrich (1765—1825) 467.
PFISTER, L. (Aloys) (1833—1891) 736.
PFLÜGER, Eduard F. W. (1829—1910) 640.
Philadelphia 768, 771, 774-6.
PHILON [FILON] DIN BIZANŢ, (fl. sfîrşitul sec. II î.e.n.) 541.
PHILON [FILON] IUDEUL (c. 13 î.e.n.—c. 54 e.n.) 176.
PHILOPONOS, IOANNES [JOHANNES PHILOPONOS] (c. 490—566) 93, 108.
Philosophia botanica, de C. von Linné (1751) 683, 685.
Philosophical Grammar, de B. Martin (1736) 704.
Philosophical Transactions (Royal Society) 207, 218, 462, 509, 566, 770-1.
Philosophica magnetica, de N. Cabeo (1629) 353.
Phisiologia, de H. Boerhaave (1734) 623.
Photismi de lumine et umbra, de F. Maurolico 53.
Photometria, de J. H. Lambert (1760) 529.
Physica subterranea, de J. J. Becher 370.
Physico-mathesis, de F. M. Grimaldi (1665) 537.
Physiologia medica, de T. Zwinger 158.
Physiologie végétale, de J. Sénebier (1800) 692.
Physique des arbres, de L. D. du Monceau (1758) 693.
Phytopatologia britannica, de W. How 421.
PICARD, Jean (1620—1682) 505-6, 515, 518, 553.
Picardia 134.
PICCOLOMINI, Alessandro (1508—1578) 105.
PICHAUT DE LAMARTINIÈRE, v. Lamartinière.
PICTET, Marc-Auguste (1752—1825) 548.
Piemont 421.
PIERO DELLA FRANCESCA (1406—1492) 23, 34.
PIERRE D'AILLY, v. Ailly.
PIERRE DE MARICOURT [PETRUS PEREGRINUS] (sec. XIII) (344-8, 352.
PIGAFETTA, Antonio (1491?—1534?) 174.
PIGOT [PIGOTT], Thomas († 1686) 535.
PINEAU, Séverin († 1619) 407.
PINEL, Philippe (1745—1826) 658, 661, 664.
PINTO, Ferñao MENDES (1510—1583) 165.
PIRCKHEIMER, Willibald (1470—1530) 27, 39.
Pirinei, munţii ~ 420, 688.
Pisa 23, 28, 31-3, 54, 61, 149, 155-6, 305, 411, 425, 670, 694.
Piscium querelae et vindiciae. de J.J Scheuchzer (1708) 700.
PISO, Willem Jacobus [Pies VAN CLEEF] (1611—1678) 423, 765.
PITAGORA DIN SAMOS (c. 580—500 î.e.n.), pitagoreici 19, 64, 70, 73, 78, 81, 323
PITARD [PITART], Jehan (c. 1235-c. 1328) 170.
PITCAIRN, Archibald (1652—1713) 401, 627.
Plantae aequinoctiales..., de A. von Humboldt şi A. Bonpland (1805—18) 764.
Plantae selectae, de G. D. Ehret 687.
Plantae selectae, de Ch. J. Trew şi B. Ch. Vogel (1750—60) 694.
Plantarum historia universalis oxoniensis, de R. Morison (1680) 419.
Plantarum methodus nova, de J. Ray (1682) 419.
PLANTIN, Christophe (c. 1520—1589) 160, 183.
PLANTIN, editură fundată de Ch. Plantin 160.
PLANUDES, Maximos (c. 1260—1310) 42.
PLATEARIUS, v. Matthaeus Platearius.
PLATON (c. 428—347 î.e.n.) 17, 19, 32, 34, 84, 108, 211, 322, 531, 539.
PLATTER, Felix (1536—1614) 156, 711.
PLAYFAIR, John (1748—1819) 482-3, 705.
PLENCIZ, Marc-Antoine (1705—1786) 650.
PLENCK, Joseph-Jacob von ~ (1738—1807) 693.
PLINIU CEL BĂTRÎN [[Caius PLINIUS SECUNDUS] (23—79 e.n) 17, 121, 124-6, 168, 376, 510, 770.
PLINIO (sec. XVI) 179.

Plombières 123.
PLOT, Robert (1640—1696) 435.
PLOTIN (c. 205-c. 270) 162.
PLUCHE, abatele Noël-Antoine (1688-1761) 680.
PLUCKER, Julius (1801—1868), 488.
PLÜKENET, Leonard (1642—1706) 420, 423.
PLUMIER, Charles (1646—1706) 422, 695, 767.
Pneumatica, de Heron din Alexandria 54, 541.
POINSOT, Louis (1777—1859) 513.
POISEUILLE, Jean-Louis-Marie (1799 — 1869) 631.
POISSON, Siméon-Denis (1781—1840) 479, 514, 569.
Poitiers 55, 160, 164, 170.
Poitou 164, 756.
POIVRE, Pierre (1719—1786) 696-7.
POLI, Giuseppe Saverio (1746—1826) 678.
Polonia, polonezi 69, 126, 423, 425, 664, 688, 734.
POMBAL, marchizul de ~ (1699—1782) 755, 765
Pomerania 68.
POMET, Pierre (1658—1699) 425.
POMIS, David de ~ (1525—1600) 160-1, 165.
POMPADOUR, Jeanne-Antoinette POISSON, marchiză de ~ (1721—1764) 457.
POMPONAZZI, Pietro (1462—1525) 15.
PONA, Francesco (1594—1654) 186.
PONA, Giovanni (fl. c. 1580—1595) 186.
Pondichéry 517.
PONTANO, Giovanni [PONTANUS] (1426—1503) 187.
PONTCHARTRAIN, Louis PHELYPEAUX DE ~ (1643—1727) 756, 766.
PONTEDERA, Giulio (1688—1757) 689.
Pontine, mlaştinile ~ 665.
Pontus Euxinus (Marea Pontică) 179.
V. şi Neagră, marea ~.
PORTA, Giambattista DELLA ~, v. Della Porta.
PORTAL, Paul (1630—1703) 409
Porto Rico 754.
Portugalia, portughezi 83, 166, 420-1, 460, 688, 697, 743, 751, 754-5, 765-6.
Potopul 121, 427, 432, 608, 699-700, 706-8, 711-2.
Potosi 760-1.
POTT, Johann Heinrich (1692—1777) 574-5
POTT, Percivall (1714—1788) 667-8.
Pougues 123.
POURRET, Pierre-André (1754—1818) 688
POVELSEN, v. Palsson.
Practica arithmeticae, de G. Cardano (1539) 46, 49.
Practica aritmeticii, de S. Stevin 58-9
Praga 89, 91, 208, 237, 643, 764.
PRAT, Jean (sec. XVIII) 767.
Precolumbiană, civilizaţie ~ 758.
PRÉFONTAINE, Brûletout de ~ (sec. XVIII) 696.
Presses Universitaires de France, editura ~ 7, 630.
PRÉVOST, Pierre (1751—1839) 548.
PRIESTLEY, Joseph (1733—1804) 528, 538 565-6, 579-83, 589-90, 597, 623-4, 681, 691.
Primae lineae physiologiae, de A. von Haller (1747) 623.
Primera parte de los problemos y secretos maravillosos de las Indias, de J. de Cárdenas (1591) 761.
Princeton 769, 775.
Principia [*Philosophiae naturalis principia mathematica*], de I. Newton (1687) 222-3, 250-4, 269-70, 287, 289-92, 295, 314, 316, 346, 449, 453, 462-4, 485, 491-2, 504-5, 536-7, 552, 771, 774.
Principia [*Principia philosophiae*], de R. Descartes (1644) 219, 272-3, 275, 281, 284, 295, 346, 428-9.
Principes fondamentaux de l'équilibre et du mouvement, de L. Carnot (1803) 499.
PRINGLE, Sir John ~ (1707—1782) 665.
Problematum geometricarum... libri V, de S. Stevin (1583) 58.
Probleme de mecanică, de Aristotel 93, 98, 111.
PROCHASKA, Georg (1749—1820) 639-40 643-4.
PROCLOS DIADOCHOS [PROKLOS] (412—485) 38, 56, 483.
Prodromus, de Van Horne (1668) 389.
Prodromus de solido intra solidum naturaliter contento, de N. Sténon (1669) 430.
Prodromus dissertationum cosmographicarum continens mysterium cosmographicum, de J. Kepler (1596) 299-300, 302.
Prodromus historiae generalis plantarum, de P. Magnol (1689) 421.
Prognostication, de L. Digges 131.
Propaedeumata aphoristica..., de J. Dee (1558) 79.
PROSDOCIMO DE' BELDOMANDI (c. 1370 — 1428) 32.
Protegea, de G. W. Leibniz 127, 432.
Protomathesis, de O. Finé (1530—32) 55.
PROUST, Joseph-Louis (1754—1826) 599.
PROUT, William (1785—1850) 629.
Provenţa 169, 421,

Prusia 68, 421, 451, 460, 574, 622, 667, 688, 703.
Psychanalyse du feu, de G. Bachelard 626.
PTOLEMEU, Claudiu (c. 90-c. 168) 19, 23, 26-7, 38, 54,64-8, 70, 73-8, 79, 81, 85-6, 89, 734, 771.
Pulsaţia arterelor, de L. Spallanzani (1773) 631.
PULTENEY, Richard (1730—1801) 693.
PURMANN, Matthaüs-Gottfried (1649—1711) 408.
Puy de Dôme 277-8.
Pyrometrie, de J.-H. Lambert (1779) 545.
Pyrosophia sive elementa chemiae, de C. Barchusen (1698) 590.

QAZWĪNĪ, v. Mustawfī.
Quadripartitum, de Ptolemeu, v. Tetrabiblia.
Quaestiones peripateticae, de A. Cesalpino (1593) 391.
Québec 756, 767-9
QUERCETANUS, v. Duchesne.
QUER Y MARTINEZ, José (1695—1764) 688.
Quesiti et inventioni diverse, de N. Tartaglia (1546) 50, 103-4.
QUESNAY, François (1694—1774) 629.
Questiones opticae, de I. Newton 336.
Quito 510, 518.
Quod coelum stet, terra moveatur, de C. Calcagnini 68.

Rabdologia, de J. Neper (1617) 59.
RABELAIS, François (1494?—1553) 124, 126, 160, 169.
REDERMACHER, Jacob Cornelius M. (1741—1783) 697.
Ragusa. V. Dubrovnik.
RALEIGH, Sir Walter (c. 1552—1618) 757.
RAMAZZINI, Bernardino (1633—1714) 665.
RAMEAU, Jean-Philippe (1683—1764) 538-9.
RAMSDEN, Jesse (1735—1800) 505, 554.
RAMUS [Pierre de LA RAMÉE] (1515—1572) 20, 56, 79-80, 482.
RANCHIN, François (1565—1641) 159, 404.
RANVIER, Louis (1835—1922) 647.
RAPHSON, Joseph († 1715) 464, 474.
RASORI, Giovanni (1766—1837) 655.
RATDOLDT, Erhard (c. 1443—1528) 23.
Ratisbona 27.
RAULET, părintele ~ (fl. 1752) 776.
RAUWOLFF, Leonard (c. 1540—1596) 171.
RAY, John (1627—1705), 381, 412, 415-23, 601, 604, 672, 675, 682-3, 686, 706.
RAYNAL, abatele Guillaume ~ (1713—1796) 772.
Războaie: ~ de o sută de ani 775; ~ de şapte ani 516, 756; ~ din Italia 13, 164; ~ din Ungaria 164.
RĀZĪ, Abū Bakr Muhammad ibn Zakarīyā ar- [RHAZES], (c. 865-923/24) 14, 159.
Real Character, de J. Wilkins (1668) 419.
RÉATON, Athanasius (fl. c. 1649) 760.
RÉAUMUR, René-Antoine FERCHAULT DE ~ (1683—1757) 389, 461, 543-4, 558, 604, 611-2, 614, 616, 620, 622-3, 627-9, 648, 673, 678-80, 688, 706, 767.
RECCHI, Nardo Antonio (sec. XVI) 422, 762.
Rechenbuch, de U. Wagner (1482) 29.
Recherche de la Verité, de N. Malebranche 283.
Recherches anatomiques sur les glandes, de Th. de Bordeu (1751) 647.
Recherches chimiques sur la respiration des animaux, de J. Reiset (1849) 638.
Recherches physiologiques sur la vie et la mort, de X. Bichat (1800) 648.
Recherches sur la force du coeur aortique, de J. Poiseuille (1828) 631.
Recherches sur la meilleure manière de fabriquer des aiguilles aimantées, de Ch.-A. Coulomb 568.
Recherches sur les courbes à double courbure, de A. C. Clairaut (1731) 487-8.
Recherches sur les modifications de l'atmosphère, de J.-A. Deluc (1772) 544.
Recherches sur l'usage des feuilles, de Ch. Bonnet (1754) 691.
Rechnung auff der Linihen und Federn..., de A. Riese (1522) 43.
Rechnung nach der Länge auff den Linihen und Federn..., de A. Riese (1550) 43.
Recife 755, 765.
RECORDE, Robert (1510?-1558) 57, 78.
REDI, Francesco (1626—1697) 384, 402, 618, 627.
REDONDO, conte de ~ (sec. XVI) 191
REDOUTÉ, Pierre-Joseph (1759—1840) 674, 695.
Réflexion sur la cause générale des vents, de d'Alembert (1747) 475.
Réflexions sur la résolution algébrique des équations, de J.-L. Lagrange (1770—71) 473.
Réflexions sur le phlogistique, de A.-L. Lavoisier (1785) 589.
Reforma 11, 39, 45, 649.
Réfutation de la théorie pneumatique, de

J.-B. de Lamarck (1796) 589.
Reggio Calabria 147.
REGIOMONTANUS [Johannes MÜLLER] (1436—1476) 23, 25-8, 31, 39-40, 44, 59, 64-6, 82, 87.
RÉGIS, Pierre-Sylvain (1632 — 1707) 393.
REGIUS, Henricus [Henry LE ROY] (1598—1679) 282.
REGNAULT, Henri-Victor (1810—1878) 545, 638.
REIL, Johann Christian (1759—1813) 638.
REINHOLD, Erasmus (1511—1553) 78-9, 81, 87.
REISCH, călugărul Gregorius ~ (1475?—1523) 42, 65, 151.
REISELIUS, M. (sec. XVII) 394.
REISET, Jules (1818—1896) 638.
Relación historica del viaje a la América meridional, de A. de Ulloa (1748) 763.
Relations de Jésuites, scrisori ale unor misionari 767.
REMBRANDT (1606—1669) 383.
RENALDINI, Carlo (1615—1698) 543-4.
RENAN, Henri (1845—1925) 431.
Renania 15.
Renașterea 5, 6, 10-23, 28, 30, 48, 61-2, 107, 110, 121, 136, 151, 160, 397, 409-10, 540, 649, 664, 711, 735, 758.
RENAUDOT, Théophraste (1586—1653) 411.
RENERI, Henricus (c. 1593—1639) 282.
RENI, Guido (1575—1642) 425.
RENIERI, Vincenzo (1606—1647) 305.
REPS, John W. *(c.)* 769.
Rerum medicarum Novae Hispaniae Thesaurus, de N. A. Recchi (1651) 763.
Residual Analysis, de J. Landen (1764) 465.
Résolution algébrique des équations, de J.-L. Lagrange (1798) 473.
REVERDY, Georges (fl. c. 1531—1565) 179.
Revoluția franceză 668, 699, 701, 754.
REWICH [REEUWICH], Erhard (fl. c.1485) 179.
REY, Jean (c. 1583—1645) 541, 576.
REYHER, Samuel (1635—1714) 539.
REYMERS, v. Ursus.
REYNEAU, părintele Charles ~ (1656—1728) 463.
RGYUD-BZI (sec. XVII) 751.
RHAZES, v. Rāzī.
RHEEDE TOT DRAKESTEIN, Hendrik Adriaan VAN ~ (c. 1637—1691) 423.
RHETICUS [RHAETICUS], Georg Joachim (1514—1574) 28, 40, 71, 73, 75, 78, 80.
RHO, Giacomo [LO YA-KU] (1590—1662) 735.
RIBAULT [RIBAUT], Jean (c. 1520—1565) 755.
RICART, Antoine († 1422) 395.
RICCATI, Jacopo Francesco (1676—1754) 460, 467.
RICCATI, Vincenzo (1707—1775) 460, 477, 486.
RICCI, Matteo (1552—1610) 164, 733-8, 743.
RICCI, Michelangelo (1619—1682) 241, 246.
RICCIOLI, Giovanni Battista (1598—1671) 308.
Ricerche sulla natura del succo gastrico de B. Carminati (1785) 629.
RICHARD, Claude (1754—1821) 696.
RICHARDSON, Benjamin (fl. c. 1795) 705.
RICHE, Claude (1762—1797) 692.
RICHELIEU, Armand-Jean du PLESSIS, cardinal de ~ (1585—1642) 422, 756.
RICHER, Jean (1630—1696) 515, 517.
RICHER DE BELLEVAL, Pierre (1564—1632) 185, 188.
RICHERAND, Anthelme (1779—1840) 638, 658, 661.
RICHET, Charles (1850—1935) 391.
RICHMANN, Georg Wilhelm (1711—1753) 549.
RICHTER, August Gottlieb (1742—1812) 667.
RICHTER, Jeremias Benjamin (1762—1807) 590, 596, 598-9.
RICORT P. (fl. c. 1644) 425.
RIEMANN, Bernhard (1826—1866) 470.
RIESE, Adam (1492—1559) 43, 45.
Rimini 700.
Rin 139, 170.
Rio de Janeiro 755, 765-6.
Rio de la Plata 764.
RIOLAN, Jean (c. 1577—1657) 399.
Riposta, de N. Tartaglia 50.
RITTENHOUSE, David (1732—1796) 774.
RIVIÈRE, Lazare [RIVERIUS] (1589—1655) 403.
RIVINUS, Augustus [BACHMANN] (1632—1723) 418, 687.
ROBERT ENGLEZUL [ROBERTUS ANGLIENS] (fl. c. 1271) 28.
ROBERTS, H.F. *(c.)* 689.
ROBERVAL, Gilles PERSONNE DE ~ (1602—1675) 204, 207-8, 212-3, 229, 232, 240-6, 249, 255, 272, 277-8, 286.
ROBIN, Jean (1550—1629) 422, 425.
ROBIN, Vespasien (1579—1662) 422, 425.
ROBINET, Jean-Baptiste-Charles (1735—1820) 608-9.
ROBINS, Benjamin (1707—1781) 465, 470.
ROBINSON, Bryan (1680—1754) 634.
ROBISON, John (1739—1805) 549.

ROCHA, părintele DA ~ († 1781) 737.
Rochelle, La ~ 645.
RODRIGUEZ, Fr. Diego (sec. XVII) 760.
ROEMER, Johann Jacob (1763—1819) 693.
ROESEL VON ROSENHOF, August Johann (1705—1759) 614, 672, 679.
ROGER, Jean *(c.)* 139.
ROHAULT, Jacques (1620—1672) 394, 491.
ROHR, Julius Bernhard (1688—1742) 688.
ROLLE, Michel (1652—1719) 463, 474.
Roma, romani 26, 32, 48, 54, 69, 70, 81-3, 105, 123, 155-6, 159-61, 209, 422, 431, 495, 531, 711, 715, 763.
ROMAIN, Adrien [Adriaan VAN ROOMEN = ADRIANUS ROMANUS] (1561—1615) 226-7.
ROMÉ DE L'ISLE, Jean-Baptiste (1736—1790) 713.
RØMER, Ole [Olaüs] (1644—1710) 506-7, 509.
ROMIEU, Jean-Baptiste (1723—1766) 536.
Ron 709.
RONCELLAI [RUCELLAI], Giovanni (1475—1525) 318.
RONDELET, Guillaume (1507—1566) 156, 377, 379.
RONSARD, Pierre de ~ (1524—1585) 168.
ROOMEN, Adriaan VAN, ~ v. Romain.
ROSSI, Giambattista [ROSSO, Fiorentino] (1494—c. 1540) 151.
ROSTAND, Jean (n. 1894) 631, 675.
Rostock 78, 86, 91.
Roșie, marea ~ 120.
ROTH, Moritz (1839—1915) 146.
ROTHE, Peter († 1617) 472.
ROTHMANN, Christopher (fl. sfîrșitul sec. XVI) 78, 80, 85-7.
ROTTBØLL, Christen Friis (1727—1797) 697.
Rouen 207, 276.
ROUILLÉ, Antoine-Louis, conte de Jouy (1689—1761) 766.
ROUILLÉ, Guillaume (c. 1518—1589) 160.
Roule, Le ~ 694.
ROUSSEAU, Jacques *(c.)* 767.
ROUSSEAU, Jean-Jacques (1712—1778) 693.
ROUSSET, François (1535 c.—1590) 169.
ROWE, John (fl. c. 1741) 464.
Royal Society 390, 416, 435, 463, 509, 526, 559, 574, 578, 580, 582, 622, 624, 637, 696, 698, 711, 770-1, 778.
Royal Society of Edinburgh 705.
ROYEN, Adriaen VAN ~ (1704—1779) 687.
ROZIER, François (1734—1793) 693.
RUCELLAI, Giovanni, v. Roncellai.
RUDBECK, Olaus [OLAI] jr. (1660—1740) 421.
RUDOLF AL II-LEA, împărat german (1552—1612) 91-2.
RUDOLFF, Christopher (c. 1500—c. 1545) 42-3, 45,-6, 59-60.
RUEL, Jean [RUELLIUS] (1479—1537) 181, 185
RUFFINI, Paolo (1765—1822) 460, 473.
RUHE, Jacob (sec. XVIII) 612.
RUIZ LOPEZ, Hipólito (1754—1815), 695, 764.
RULAND, Martin (1532—1602) 123.
RUMFORD [Sir Benjamin THOMPSON], conte de ~ (1753—1814) 528, 547, 550.
RUMPF, Georg Eberhard (c. 1626—c. 1707) 423.
Rusia, ruși 83, 451, 460, 673, 676, 688, 703, 713, 734.
RUTHERFORD, Daniel (1749—1819) 544.
RUYSCH, Frederik (1638—1731) 398, 646.
RYMERS, Nikolai, v. Ursus.

SABATIER, Raphaël Bienvenu (1732—1811) 650.
SACCHERI, Girolamo (1667—1733) 483.
SACHS, Julius (1832—1897) 683.
SACROBOSCO, Joannes de ~ [J. DE HALIFAX sau DE HOLYWOOD] (fl. c. 1230) 14, 23, 26, 32, 39, 54, 64-5, 80, 82.
SAGARD, Gabriel († 1650) 767.
SAGE, Balthazar (1740—1824) 589.
SAGREDO, Giovanni Francesco (1571—1620) 263, 265, 267.
SAHAGÚN, Bernardino de ~ (c. 1499—1590) 758, 762.
Saint-Allyre 124.
SAINT-ANDRÉ, de ~ (fl. 1672) 604.
SAINT-ANDRÉ, Nathanael de ~ (1680—1776) 604.
Saint-Chamond 686.
Saint-Denis 56.
Saint-Germain 173.
Saint-Jacques-de-Compostelle 707.
SAINT-PIERRE, V. Bernardin de Saint-Pierre.
SAINT-SIMON, Paul Denis de ~ (sec. XVII) 767
SAINT-VENANT, Adhémar BARRÉ DE ~ (1797—1886) 500.
Saint-Wildebald 189.
SAKABE KŌHAN (1759—1824) 742.
SALA, Angelo (1576—1637), 399.
SALADINI, Girolamo (1731—1813) 486.
Salamanca 106, 166.
Salerno 159.
SALGADO, Marcos José (1671—1740) 762.

SALUCES, Giuseppe Angelo de ~ [SALUZZO] (1734—1810) 579.
SALUTATI, Coluccio [Lino COLUCCIO] (1331—1406) 15.
SALVIANI, Ippolito (1514—1572) 179-80, 377, 379.
SALVIATI, Filippo (1582—1614) 263, 265, 267.
SALVINO DEGLI ARMATI (fl. 1299) 318.
Salzburg 126.
Samos, insula ~ 54, 68, 78, 124-5.
Sauron (Tratat de obstetrică), de Kagawa Genetsu 742.
Santo Domingo 422, 664, 696.
SANTO, Mariano (1488—c. 1565) 408.
Santorin, golful ~ 119, 700.
SANTORINI, Giovanni Domenico (1681—1737) 649.
SANTORIO, Santorio [SANCTORIUS] (1561—1636) 395, 401, 414, 541, 629, 660.
Santos 765.
SARASA, Alphons Anton de ~ (1618—1667) 244.
SARPI, Pietro [Fra PAOLO] (1552—1623) 264.
SARRABAT, Nicolas (1698—1737) 691-2.
SARRAZIN, Michel (1659—1734) 695.
Sarthe 190.
SASSETTI, Filippo († 1588) 164.
SAUNDERSON, Nicholas (1682—1739) 459, 464.
SAURIN, Joseph (1655—1737) 463.
SAUSSURE, Horace-Bénédict de ~ (1740—1799) 548, 688-9, 702-3, 705, 709.
SAUSSURE, Théodore de ~ (1767—1845) 692.
SAUVEUR, Joseph (1653—1716) 535-6, 539.
SAVERY, Thomas (1650?—1715) 551.
SAVIGNY, Jules-César LE LORGNE DE ~ (1777—1851) 674.
Savoia 53.
SAVONAROLA, Michele (1384?—1462) 123.
Saxonia, saxoni 32, 36, 99, 124, 139, 703.
SCALIGER, Joseph-Justus (1540—1609) 576.
SCALIGER, Jules-César (1484—1558) 105, 118-9, 122.
Scandinavia 460.
SCARPA, Antonio (1747—1832) 650, 667.
Sceptical Chymist, de R. Boyle (1661) 369.
SCHALL VON BELL, Johann Adam (1591—1666) 734-6.
SCHAMBERGEN, Caspar (sec. XVII) 744.
SCHAW, William (c. 1714—1757) 679.
SCHEELE, Carl Wilhelm (1742—1786) 548, 573, 575, 581-2, 584, 589, 599-600.
SCHEINER, părintele Christoph ~ (1575—1650) 398, 428, 431,
SCHENK, Georg († 1620) 425.
SCHENK, Johann Theodor (1619—1671) 425.
SCHEUBEL, Johann (1494—1570) 44.
SCHECHZER, Johann Jakob (1672—1733) 687-8, 700-2, 706, 711-2.
SCHILLER, Joseph *(c.)* 413.
SCHMIEDEL, Casimir Christoph (c. 1716—1792) 687.
SCHÖFFER, Peter (fl. c. 1485) 181.
Schola botanica, de W. Sherard 425.
Scholarum mathematicorum libri unus et triginta, de Ramus (1569) 56.
Scholium generale, de I. Newton 222-3.
SCHÖNBERG, cardinalul Nicolas ~ (1472—1537) 70.
Schoenbrunn 696.
SCHÖNER, Johann (1477—1547) 26, 39, 44, 71.
SCHOOTEN, Frans VAN ~ (1615—1660) 229, 231, 241, 248, 284-5.
SCHOTT (sec. XVIII) 697.
SCHOTT, Kaspar (1606—1666) 365.
SCHREBER, Johann Christian Daniel von ~ (1739—1810) 676, 679, 687.
SCHRECK, Johannes [TERRENTIUS] (1580—1630) 734-5.
SCHRECKENFUCHS, Erasmus Oswald (1511—1579) 78, 80-1.
SCHROEN, Lucas [Lukas SCHAN] (fl. c. 1526—1550) 179.
SCHROETER, Johann Samuel (1735—1808) 678
SCHUHL, Pierre-Maxime (n. 1902) 211.
SCHWENNKFELT, Kaspar (1563—1609) 173-4, 177.
SCHWENTER, Daniel (1585—1636) 247.
SCIPIONE DEL FERRO, v. Ferro.
SCIPIONE DE MANTUA (fl. c. 1500) 39.
SCOPOLI, Giovanni Antonio (1723—1788) 676, 684, 687-8.
SCOT, v. Michel Scot.
Scotia illustrata, de R. Sibbald 421.
Scoția, scoțieni 548, 578-9, 596, 698, 705.
Scriptura 81, 699, 704, 706-7, 709-10.
Scrisori către Collinson, de B. Franklin 561.
Scrisori către Eckermann, de J. W. Goethe 531.
Scrisori către o principesă a Germaniei, de L. Euler (1768) 466, 532.
Secolul luminilor 5, 461, 491.
Secondes vues de la Nature, de Buffon (1765) 594.
Secreția, de Henry Fouquet 646.

SEGNER, Johann Andreas von ~ (1704—1777) 474.
SÉGUIER, Jean-François (1703—1784) 587, 693.
SEGUIN, Armand (1767—1835) 550, 625, 638.
SEIGNETTE, Pierre (1660—1719) 573.
SEKI KŌWA [TAKAKAZU] (1642—1708) 472.
SELEUCUS (sec. II î.e.n.) 68.
Seminario de Nueva Granada 759.
Sena 430, 538.
SÉNAC, Jean-Baptiste (1693—1770) 649.
SÉNEBIER, Jean (1742—1809) 626, 631, 681, 692.
SENECA [Lucius Annaeus SENECA] (4 î.e.n. — 65) 15, 48, 338.
Senegal 673, 686, 696.
SENNERT, Daniel (1572—1637) 399.
SERAPION DIN ALEXANDRIA (sec. II î.e.n.) 187.
SERRES, Olivier de ~ (1539—1619) 127-8, 424.
SERVET, Michel [Miguel SERVETO] (1511—1553) 150, 158, 390-1.
SESSÉ, Martin (†1809) 764.
SEVERINI, Janos (1716—1789) 676.
SEVERINO, Marco-Aurelio [SEVERINUS] (1580—1656) 382, 408.
SEVERINUS, v. Severino, și Sørensen.
Sevilla 173, 190, 754, 761, 763.
Sextuplex digestio alimenti humani, de J.-B. Van Helmont 627.
SEXTUS EMPIRICUS (fl. c. 150) 176.
Seychelles, insulele ~ 697.
Sfericele, de Theodosios și Menelaus 27, 53.
Sfîntul Laurențiu, fluviul ~ 164, 756, 767.
SHARROCK, Robert (1630—1684) 415.
SHAW, Thomas (1694—1751) 674, 696.
SHERARD, William (1659—1728) 423, 425, 695-6.
SHERRINGTON, Sir Charles (1857—1952) 640.
SHIBA KŌHAN (1738—1818) 745.
Siam, siamezi 423, 749.
SIBBALD, Sir Robert (1641—1722) 421.
Siberia 516, 703.
SIBTHORP, John (1758—1796) 697.
Sicilia 119, 318, 421.
Siddhāntaviveka, de Kamalākara (1658) 749.
Siderus muncius magna longeque admirabilia spectacula panderus... qua a Galileo Galilei (1610) 303-4, 306, 308, 310.
SIEBOLD, Philipp Franz von ~ (1796—1866) 744.
SIE FONG-TSU (fl. c. 1650) 735, 737.
SIEGESBECK, Johann Georg (1686—1755) 682, 684.
Siena 118, 127, 133.
SIGAULT, Jean-René (fl. c. 1772—1777) 669.
SIGERIST, Henri E. (1891—1957) 146.
SIGÜENZA Y GÓNGORA, Carlos de ~ (1645—1700) 759.
Silezia 173.
SILVATICO, Giovanni Battista (1550—1620) 159.
SIMPLICIO, interlocutor tradiționalist din *Dialogo*, de G. Galilei 215-6, 218, 263.
SIMPLICIUS (fl. c. 530) 42.
SIMPSON, Thomas (1710—1761) 464, 476, 481.
SIMSON, Robert (1687—1768) 459, 482.
Singularités de la nature, de Voltaire (1768) 616.
Siracuza 11, 312.
Siria 134, 190, 306, 707.
Sistem de anatomie, de S. Collins (1685) 382.
SIU KUANG-K'I, Paul (1562—1634) 734, 737.
SIX, James († 1793) 544.
SIXTUS al IV-lea, papa ~ [Francesco DELLA ROVERE] (1414—1484) 27, 82.
SIXTUS al V-lea papa ~ [Felice PERETTI = SIXTUS-QUINTUS] (1520—1590) 123, 434.
Si-yang sin-fa li-chou (Tratat despre astronomie și despre calendar, după metodele noi din Occident), de J.A. Schall von Bell 736, 738.
SLOANE, Sir Hans (1660—1753) 435, 678, 683, 696.
SLUSE, René-François de ~ (1622—1685) 232, 241, 255.
SMEATON, John (1724—1792) 544.
SMELLIE, William (1697—1763) 669.
Smirna 32, 423.
SMITH, Adam (1723—1790) 423, 455.
SMITH, Sir James Edward (1759—1828) 688.
SMITH, John (c. 1580—1631) 769.
SMITH, William (1727—1803) 774.
SMITH, William (1769—1839) 705.
SMOGOLENSKI, părintele Johann Nikolaus (1611—1656), 735, 737.
SNELLIUS [Willebrord SNELL] (1580/81—1626) 58, 61, 88, 110, 227, 312, 321, 494.
Societatea regală de medicină (Paris) 670.
Societății, insulele ~ 698.
SOLANDER, Daniel (1733—1782) 674, 684, 694, 698.
SOLANO DE LUCQUES, Francisco (1685—1736) 660.

SOLAYRES DE RENHAC, François (1737—1772), 669.
SOLDANI, Ambrogio Baldo (1736—1808) 700.
SÖMMERING, Samuel Thomas von ~ (1755—1830) 641.
Somnus plantarum, de C. von Linné 692.
Sonde, insula ~ 423.
SONG, dinastie chineză (960—1279) 739.
SONNERAT, Pierre (1748—1814) 674, 697.
SONNINI DE MANONCOURT, Charles (1751—1812) 696.
SØRENSEN, Peder [SEVERINUS] (1540—1602) 167.
SORGE, Georg Andreas (1703—1778) 536.
SOTO, Domenico [DOMINGO DE S.] (1494—1570) 95, 106.
SOULAVIE, Jean-Louis [GIRAUD-SOULAVIE] (1752—1813) 709.
Sourdon 518.
Spa 123.
Spania, spanioli 15, 81, 83, 106, 127, 139, 150, 152, 159-62, 165, 409, 420-1, 460, 518-9, 556, 574, 660-1, 664, 667, 688, 695-6.
SPALLANZANI, Lazzaro (1729—1799) 386, 614-7, 620, 623, 626-9, 631, 644, 648, 677, 689.
SPARRMAN, Anders (1748—1820) 674, 697.
Species plantarum, de C. von Linné (1753) 683.
Specimen Becherianum, de G.E. Stahl 370.
Spectacle de la Nature, de N.A. Pluche (1732) 680.
SPEIDELL, John (fl. c. 1620) 237.
Sphaera mundi, de J. Sacrobosco 14, 23, 39, 54, 64-5, 80.
SPIEGEL [SPIEGHEL] v. Van der Spiegel.
Spiegel der Artzny, de L. Fries (1518) 151.
Spitzberg 421.
SPON, Jacob (1645—1685) 423.
SPRENGEL, Christian Conrad (1750—1816) 681-2, 690.
SPRENGEL, Kurt (1766—1833) 147, 633, 637-8.
Sse yuan yu kien (Oglindă de preţ a celor patru elemente), tratat de matematică din epoca mongolă 739.
STAHL, Georg Ernst (1660—1734) 578, 580, 584, 588, 592, 623, 625, 631, 634-40, 656-8, 664.
STARCKEN, Johann G.W. (fl. c. 1705) 692.
STARLING, Ernest Henry (1866—1927) 627.
Statele Unite ale Americii 753-4, 758, 769.
Statical Experiments, de S. Hales (1727) 414.
Statique chimique, de C. Berthollet (1803) 599.
STEARN, W.T. *(c.)* 418.
STELLER, Georg W. (1709—1746) 673.
STELLUTI, Francesco (1577—1653) 383.
STENDHAL [Henri BEYLE] (1783—1842) 456.
STÉNON, Nicolas [Niels STEENSEN] (1638—1686) 128, 383, 389, 398, 427-33, 627, 632-3, 700, 703-4, 708.
STEVENS, Edward (fl. 1777) 629.
STEVIN, Simon (1548—1620) 19, 47, 58-61, 81, 93, 98, 110-5, 474, 484.
STEWART, Matthew (1717—1785) 486.
Stierneborg 90.
STIFEL, Michael (1487?—1567) 43-7, 50, 52, 54-5, 57, 60, 228.
STIRLING, James (1692—1770) 459, 464, 479, 486.
Stockholm 515, 582.
STÖRCK, Anton von ~ (1731—1803) 669.
STOLL, Maximilian (1742—1787) 660.
STOW, G.C. (fl. c. 1780) 679.
STRABON [STRABO] DIN APAMEA (c. 58 î.e.n. —23 e.n.) 121.
Strasbourg 43, 89, 159-60, 170, 425, 668.
STRATON DIN LAMPSAKOS († c. 268 î.e.n.) 541.
STRUIK, Dirk Jan *(c.)* 767.
STUART, Alexander (1673—1742) 637, 642.
Studii despre Leonardo da Vinci..., de P. Duhem (1909—13) 35.
Stuttgart 688.
Styria 299.
Sucre 759.
Suedia, suedezi 139, 544, 549, 574, 581-2, 595, 598, 600, 662, 674, 679, 683-4, 687-9, 694, 696-7.
Suffolk 711.
SULZER, Johann Georg (1720—1779) 680.
Sumario compendioso de las quentas, de J. Diez (1556) 759.
Sumatra 423.
Summa..., de Luca Pacioli 23, 29-30, 32-7, 47, 50, 55, 57.
SURIAN, Joseph Donat († 1691) 422.
Surinam 697.
Sur la digestion des Oiseaux, de R.-A. Réaumur (1752) 628.
Sur la respiration des animaux, de A.-L. Lavoisier (1798) 625.
Sur la transpiration des animaux, de A.-L. Lavoisier (1790) 625.
Sur les altérations qu'éprouve l'air respiré, de A.-L. Lavoisier (1785) 625.
Sur les pyramides triangulaires, de J.-L. Lagrange (1773) 487.
SUTHERLAND, James (fl. 1684—1703) 426.
SUTTON, Daniel (sec. XVIII) 662.

SWAB, Anton von ~ (1702—1768) 574.
SWAMMERDAM, Jan (1637—1680) 385-6, 396, 610, 614, 624, 634.
SWARTZ, Olaf (1760—1818) 688, 696.
SWIETEN, v. Van Swieten.
SWINESHEAD, Richard sau Roger [SUISETT] (sec. XIV) 95, 105.
SWINT [SVINTUS], Cornelius (fl. 1599) 179.
SYDENHAM, Thomas (1624—1689) 403-4, 410, 659.
SYGER DE FOUCANCOURT (fl. c. 1269) 344.
SYLVATICUS, v. Matthaeus Sylvaticus.
SYLVIUS, v. DE LE BOË, François şi DUBOIS, Jacques.
SYMMER, Robert († 1763) 563-4, 569.
Synopsis al patrupedelor şi al şerpilor, de J. Ray (1693) 381.
Systema Naturae, de C. von Linné (1735) 675, 683-4.
Systema plantarum a staminum situ, de J.G. Gleditsch (1764) 687.
Systema Saturnium, de C. Huygens (1659) 311.
Système de philosophie, de P.-S. Régis (1690) 393.
Système naturel du monde animal, de J.T. Klein (1754) 675.

Şcoli: ~ de ingineri din Leyda 58; ~ de mine din Mexico 759; ~ din Padova 15; ~ din Salerno 159; ~ normală din Paris 466, 484; ~ politehnică din Paris 466, 488-9.

TABERNAEMONTANUS, Theodorus [Jacob Theodor von BERGZABERN] (c. 1525—1590) 185.
Tableau du règne animal, de M.J. Brisson 675.
Tabula directionum, de Regiomontanus 28.
Tabulae anatomicae sex, de A. Vesalius 152-4.
Tabulae Prutenicae, de E. Reinhold (1551) 78, 81, 87, 91.
Tabulae Rudolpphinae, de J. Kepler 90, 302.
TACHENIUS [Otto TACKEN] († 1675) 573.
Tafelen van interest, de S. Stevin (1582) 58.
TAGLIACOZZI, Gaspare (1546—1599) 169, 668.
TAGLIENTE, Gerolamo şi Giannantonio (sec. XV—XVI) 47.
Tahiti 516, 698.
TAISNIER Jean (1508—c.1562) 107, 110, 113.
TAI TCHEN (1724—1777) 738, 740.
TAKANO CHŌEI (1804—1850) 746.
TAKÉBÉ-KENKŌ [KATAHIRO] (1664—1739) 742.
TALBOR, Robert (1641—1681) 410.
TALON, Jean (1625—1694) 767.
Tamisa 313.
T'ANG, dinastie chineză (618—907) 739.
Tanjur, v. *Bstan-'gyur*.
TARGIONI-TOZETTI, Giovanni (1712—1783) 700.
TARIN, Pierre (c. 1700—1761) 646.
TARTAGLIA, Niccolo (c. 1500—1557) 17, 21, 38, 44, 47-50, 52, 56, 99, 101-4, 106-7, 111, 228.
Tartaria 176, 735.
TARTINI, Giuseppe (1692—1770) 536, 539.
TASMAN, Abel-Janszoon (1603—1659) 424.
Tasmania 698.
TATON, René *(c.)* 8, 536, 662.
Ta-ts'ing yi-tong tche (sec. XVIII) 739.
TAYLOR, Brook (1685—1731) 256, 459, 462, 464, 467, 470, 474, 476-7, 484, 536.
TCHANG TSO-NAN (sec. XVIII—XIX) 740.
Tchao-ts'ing Fou 737.
Tch'e-chouci yi-ling (Perle regăsite în colierul roşu), de Mei Wen-ting 739.
TCHEN MENG-LEI (1651—1723) 738.
Teatrul agriculturii, de O. de Serres (1600) 424.
Teatrul animalelor, de J. Jonston 678.
Teatrul insectelor, de Th. Moufet (1634) 379-80.
Telegrafo mercantil 759.
Telliamed, de B. de Maillet (1735) 608, 707.
TEMKIN, Owsei (n. 1902) 636.
TENON, Jacques-René (1724—1816) 650.
Tentamen novae theoriae musicae, de L. Euler (1739) 539.
Tentamina medico-physica, de J. Keill (1718) 630, 634.
TEOFRAST DIN ERESOS (c. 378—c.287 î.e.n.) 124-5, 181, 184.
Teoria generale delle equazioni, de Pietro Ruffini (1799) 473.
TEOU CHU-MONG (sec. VIII) 739.
TERRENTIUS, v. Schreck.
Testaceoteologii, de F.C. Lesser (1744) 680.
Tetrabiblia [*Tetrabiblos=Quadripartitum*], de Ptolemeu 23.
THĀBIT IBN QORRA [QUARRA] (826—901) 32.
THALES [TALES] DIN MILET (sec. VII—VI î.e.n.) 344, 358.
THALIUS [Johan THAL] (1542?—1538) 186.
Thaumantias liber de arcu coelesti, de M. de Kronland (1648) 325.

THEBESIUS, Adam Christian (1686—1732) 649.
Theetetos, de Platon 338.
The Grounde of Artes, de R. Recorde 57.
THEODOR DE GAZA [THEODOROS GAZA] (c. 1400—c.1473) 27, 160, 176, 181.
THÉODORIC [Sebastianus THEODORICUS] (fl. 1567) 81.
THEODOSIOS DIN BITINIA (sec. II—I î.e.n.) 27, 38, 53.
THEON DIN ALEXANDRIA (sec. IV) 35, 54, 65.
THEON DIN SMIRNA (fl. c. 127—132) 32.
Theoria generationis, de C.-F. Wolff (1759) 613, 689.
Theoria medica vera, de G.-E. Stahl (1708) 635.
Theoria motus abstracti, de G.W. Leibniz (1671) 295.
Theoria motus concreti, de G.W. Leibniz 295.
Theoria motus corporum solidorum seu rigidorum, de L. Euler (1760) 495.
Theoria philosophiae naturalis, de R. Boškvić (1758) 495.
Theoricae Medicearum planetarum ex causis physicis deducta, de G.-A. Borelli (1666) 315.
Theoricae novae planetarum, de G. von Peurbach (c. 1472) 23, 27, 39, 44, 55, 65, 69, 80.
Théorie analytique des probabilités, de P.-S. Laplace (1812) 481.
Théorie de la figure de la Terre, de A.C. Clairaut (1743) 496.
Théorie de la Terre, de Buffon (1749) 432, 602, 707-8.
Théorie des fonctions analytiques, de J.-L. Lagrange (1797) 466, 470.
Theory of the Earth, de J. Hutton 705.
The Pathway to Knowledge, de R. Recorde (1551) 57.
Theriaca, de Nicandru 161.
Thesaurus graecae lingae, de H. Estienne (1572) 160.
The Vegetable System, de H. Bryant, R. Pulteney şi J. Hill 693.
THÉVET, André (c. 1503—1592) 174-5, 179, 190.
The Whetstone of Witte, de R. Recorde (1557) 57.
THIBAUT, Pierre [LE LORRAIN] (sec. XVII) 368.
THOMANN, Johann (fl. c. 1525—1567) 179.
THOMAS, părintele Antoine ~ (1644—1709) 735.
THOMPSON, Sir Benjamin, v. Rumford.
THOMSON, Sir Joseph John (1856—1940) 778.
Thorn 68.
THOUIN, André (1747—1824) 693.
THOURET, Michel (1748—1810) 665.
Three Lectures on Muscular Motion, de A. Stuart (1737) 637.
THUNBERG, Carl Peter (1743—1828) 684, 697, 744.
THURNEISSER, Leonhard (1530—1596) 123.
Tibet 751-2.
T'ien-yuan (Algebra) 739-40.
Timaios, de Platon 338.
Tirol 139.
TISSOT, Simon André (1728—1797) 660, 665.
Tithi, *Tithicintāmani*, de Ganesadaivajña 749.
TIȚIAN [Tiziano VECELLIO] (1477—1576) 152-3.
TODAR MALL, rajah (sec. XVI) 751.
TOKUGAWA, dinastie japoneză (1603—1867) 741-2, 745.
Toledo 159, 765.
TOMA, Sfîntul ~, v. Toma d'Aquino.
TOMA D'AQUINO [SFÎNTUL TOMA] (1225/26-1274) 15, 126, 353.
TOMA DIN KEMPIS [Thomas HEMERKEN] (c. 1379—1471) 15.
TAMMASINI, Giacomo (1768—1846) 655.
TONG YEU—TCH'ENG (1791—1823) 738.
Tonkin 424.
TONNELAT, Marie-Antoinette *(c.)* 494, 507.
Tordesillas 174.
TORELLA, Gasparo (sec. XV-XVI) 166.
TORÉN, Olof (1718—1753) 684, 697.
Torino 53, 466.
TORRICELLI, Evangelista (1608—1647) 205-6, 229, 240, 244-8, 250, 255, 267-8, 276, 279-81, 286.
TORTI, Francesco (1658—1741) 669.
Toscana 205, 430, 542, 634, 700.
Toulon 694.
Toulouse 170, 207, 231.
T'oung Pao, de J.J.L. Duyvendak (1948) 736.
Touraine 706.
TOURDES, Joseph (1770—1851) 631.
TOURNEFORT, Joseph PITTON DE ~ (1656—1708) 183-4, 191, 412, 418-23, 601, 683-7, 689, 695, 706, 767.
TOURNES, de ~ , familie de tipografi din Lyon (sec. XVI—XVIII) 160.
TOURNON, cardinalul François de ~ (1489—1562) 190.
TOWNELEY, Richard (1629—1707) 280, 312.
TOWNSEND, Joseph (1739—1816) 705.
Tractado breve de anathomia y chirurgia, de A. Farfán 761.

Tractatus de quadratura curvarum, de I. Newton 251, 463.
Tractatus duo, de J. Mayow 365.
Tractatus quinque medico-physici, de J. Mayow 365.
Tractatus... super propositiones Ptolemaei de sinubus et chordis, de G. von Peurbach 26-7.
TRADESCANT, John († 1637) 422-3.
TRADESCANT, John jr. (1608—1662) 435.
TRAGUS, Hieronymus, v. Bock.
Traité anatomique de la Chenille..., de P. Lyonet (1760) 679.
Traité chimique de l'air et du feu, de C.W. Scheele 582.
Traité d'algèbre, de M. Rolle (1690) 474.
Traité (de cristallographie, de R.-J. Haüy 1822) 714.
Traité de dynamique, de d'Alembert (1743) 493-5.
Traité de la digestion, de J.-B. Van Helmont 388.
Traité de la lumière, de C. Huygens (1690) 295, 330, 433, 517, 537.
Traité de la percussion ou choc des corps, de E. Mariotte (1673) 285.
Traité de la résolution des équations numériques, de J.-L. Lagrange (1798) 466.
Traité de l'équilibre et du mouvement des fluides, de d'Alembert (1744) 497.
Traité de l'existence, de la nature et des propriétés du fluide des nerfs..., de C. Le Cat 637.
Traité de l'homme, de G.-A. Borelli 624.
Traité de l'homme, de R. Descartes (1662) 401, 632, 640, 646.
Traité de minéralogie, de R.-J. Haüy (1801) 714.
Traité de physique, de J. Rohault (1671) 282, 491.
Traité des affinités chimiques ou attractions électives, de J. Bergman 595.
Traité des Fougères d'Amérique, de C. Plumier 422.
Traité des maladies nerveuses..., de R. Whytt (1777) 642.
Traité des pétrifications, de L. Bourguet (1742) 701.
Traité des sinus du quart de cercle, de B. Pascal 250.
Traité d'optique, de P. Bouguer (1760) 529.
Traité du calcul différentiel et du calcul Intégral, de S.-F. Lacroix (1797—1800) 466.
Traité du Monde, de R. Descartes 270, 273, 428.
Traité élémentaire de chimie, de A.-L. Lavoisier (1789) 587, 589, 761.
Transilvania 208.
Tratado da sphera, de P. Nunez 57.
Tratado descriptivo do Brasil, de G.S. Dias de Souza 765.
Tratado em defensam da carte de marear, de P. Nuñez 57.
Tratat asupra magnetului, de C. Huygens (1680) 356.
Tratat de chimie, de C. Glaser (1663) 366.
Tratat de chimie, de N. Lefebvre 367.
Tratat de gnomonică, de G. Benedetti (1574) 53.
Tratat despre maree, de Yu Se-k'ien (1781) 739.
Tratat despre triunghiul aritmetic, de B. Pascal 237.
Tratat general despre numere şi măsuri, de N. Tartaglia (1556—60) 50, 56.
Tratat particular asupra corpurilor regulate şi ordinare, de L. Pacioli 34.
Tratatul despre magneţii artificiali, de J. Michell (1750) 566.
Tratatul patrulaterului complet, de Nāṣr ad-Dīn al-Ṭūsī 27.
Trattato di musica, de G. Tartini (1754) 539.
Treatise of Fluxions, de C. Maclaurin (1742) 465.
Treatise of the Animal Oeconomy, de B. Robinson (1734) 634.
TRECHSEL (sec. XVI) 160.
TREMBLEY, Abraham (1710—1784) 612, 616, 672, 677-8.
TRENCHANT, Jean (fl. c. 1550) 56, 58.
Trevisa 23-4, 27-9, 33.
TREW, Christoph Jakob (1695—1769) 694.
TRICOT, Jules *(c.)* 387.
Trinity College (Cambridge) 289.
TRIONFETTI, Giovanni Battista (1656—1706) 425.
Triparty en la science des nombres, de N. Chuquet (1484) 30-2, 55.
TROIANUS, Curtius (fl. 1565) 95, 104.
TRONCHIN, Théodore (1709—1781) 663.
TROOSTWYK, v. Van Troostwyk.
TSCHIRNHAUS, Ehrenfried Walter von ~ (1651—1708) 461, 473.
TSIAO PING-TCHEN (sec. XVII) 738.
TS'I CHAO-NAN (1706—1768) 740.
TS'ING, dinastie manciuriană (1644—1912) 734, 745.
Tübingen 39, 160, 183, 299, 411, 539.
TULP, Nicholas (1593—1674) 383, 408.
TUNING, Jean (fl. 1608) 61.
Tunis 384, 697.

TUNSTALL, Cuthbert (1474—1559) 57.
Turcia, turci 168, 171, 190, 661, 697.
TURGOT, Anne-Robert-Jacques (1727—1781) 583, 695.
TURNER, William (1510—1568) 173, 189.
TURQUET DE MAYERNE, Théodore (1573—1655) 399.
Turriers (Provența) 169.
TYARD, Pontus de ~ (1521—1605) 79, 89.
TYCHO BRAHE [Tyge BRAHÉ] (1546—1601) 16-7, 40, 73, 80-1, 85-92, 208, 215-6, 273, 298-302, 308, 312-3, 452, 510, 736-7.
TYSON, Edward (c. 1649—1708) 382.

Țara de Foc 698, 753.
Țara Galilor [Wales] 705.
Țările de Jos 58, 78, 170, 178, 205-6, 407-9, 411, 450, 460, 484, 526, 652.
ȚŪSĪ, Nāṣr ad-Dīn al- (1201—1274) 27, 483.

Über das Organ der Seele, de S.T. von Sömmering (1796) 641.
UCELLI DI NEMI, Guido (1885—1964) 97.
Unterweysung der Messung mit dem Zircked und richtscheyt..., de A. Dürer (1525) 40-2, 484.
Ujjayanī 574, 750.
ULLOA, Don Antonio de ~ (1716—1795) 574, 763.
Ulm 302, 763.
ULMEAU [UMEAU], François (c. 1530—1594) 164.
Umbria 32.
Ungaria, unguri 25, 27, 139, 164, 676.
UNGER, Bernard (sec. XVI) 160.
Universae medicinae liber primus: Physiologiae libri septem, de J. Fernel (1554) 156.
Universități: ~ Basel 86, 411, 461, 631; ~ Bologna, 38-9, 48, 69, 147, 149, 153, 169, 313, 375, 411; ~ Brown 775; ~ Cambridge (Anglia) 314, 411, 435, 491; Charcas 759: ~ Coimbra 39, 57, 765-6: ~ Copenhaga 86; ~ Cornell 768; ~ Cracovia 38, 69; ~ Dartmouth 775; ~ Erfurt 39; ~ Ferrara 155; ~ Glasgow 548; ~ Göttingen 460; 670; ~ Halle 370, 670; ~ Harvard 774; ~ Heidelberg 39, 411; ~ Ingolstadt 39; ~ Leiden (Leyda) 58, 184, 411, 544, 623, 670; ~ Leipzig 26, 39, 71, 86; ~ Lima (San Marco) 759-60; ~ Louvain 169, 183, 361, 411; ~ Mexico (Real y Pontificia Universidad de Mexico) 759-61; ~ Montpellier 670; ~ Ohio 768; ~ Oxford 314, 411, 697; ~ Padova 67, 149, 155-6, 190, 302, 411; ~ Paris 14-5; ~ Pennsylvania 775; ~ Pisa 155, 262, 302, 305, 411; ~ Rochester 768; ~ Rostock 86; ~ Salamanca 166; ~ Santo Domingo 759; ~ Santa Fé de Bogota 759; ~ Tübingen 39, 411; ~ Viena 25-6, 39; ~ Wittenberg 39, 71; ~ Yale 775.
UNZER, Johann August (1727—1799) 640, 643-4.
Uppsala 670, 683-4, 692, 694, 761.
Ural 703.
Uraniborg 89-90, 312-3.
URBAN AL V-LEA, papa ~ [Guillaume de GRIMOARD] (1310—1370) 169.
Urbino 53-4.
URSIS, Sabatino de ~ (1575—1620) 738.
URSITIUS, v. Würsteisen.
URSUS, Raymarus [RYMERS, Nikolai=BĂR] († 1599) 79, 89.
Utrecht 282, 756.

VAHL, Martin (1749—1804) 688, 696.
Vaidūrya-sangon-po, v. *Amrtahrdaya*.
VAILLANT, Sébastien (1669—1722) 421, 425, 683.
Valencia 711.
VALENTIJN, Frans (1666—1727) 697.
VALENTIN, Basilius, personaj mitic, pseudonimul lui Johann THÖLDE? (fl. 1599—1624) 134-6, 144.
VALENTINI, Michael Bernhard (1657—1729) 697.
VALERIO, Luca (1552?—1618) 241.
VALLA, Giorgio (1430?—1499) 36-7, 42.
Valladolid 161.
VALLET, Pierre (fl. c. 1603) 425.
VALLI, Eusebio (1762—1816) 645.
VALLISNIERI, Antonio (1661—1730) 618, 678, 691, 700.
VALOIS, familie princiară franceză 173.
Valorcine 702.
VALSALVA, Antonio-Maria (1666—1723) 398, 650.
VALVERDE DE AMUSCO, Juan (fl. c. 1552) 161.
VAN CALCAR, Jan Stephan (1499—1546?) 152-3.
VAN CEULEN, Ludolph (1540—1610) 227.
VAN DER BORCHT, Pieter (1545—1608) 179.
VANDERMONDE, Alexandre-Théophile (1735—1796) 472-3.
VAN DER SPIEGEL [SPIEGHEL], Adriaan (1578—1625) 398, 425-6.
VAN HELMONT, Jean-Baptiste (1577—1644)

17, 361-4, 388-9, 400, 413-4, 576, 579, 625, 627, 653.
VAN HEURAET, Hendrik (1633—c.1659) 248-9.
VAN HORNE, Jan [Johann] (1621—1670) 389.
VAN MARUM, Martijn (1750—1837) 691.
VAN MONS, Jean-Baptiste (1765—1842) 590.
VAN SWIETEN, Gerard (1700—1772) 660.
VAN TROOSTWYK, Adriaan Paets (1752—1837) 600.
VARGAS, Bernardo Pérez, v. Pérez de ~.
VARGAS MACHUCA, Bernardo de ~ (1557—1622) 761.
VARIGNON, Pierre (1654—1722) 463.
VAROLIO, Constantino (1543—1575) 156.
Varşovia 208.
Vasa lymphatica, de Th. Bartholin (1653) 392.
VASCO DA GAMA (1460?—1524) 164, 189.
VASSÉ, Loys (sec. XVI) 150.
Vatican 401, 434, 763.
VAUBAN, Sébastien LE PRESTRE, marchiz de ~ (1633—1707) 457.
VAUCANSON, Jacques de ~ (1709—1782) 630.
VAUCHER, Jean-Pierre-Étienne (1763—1841) 682, 685.
VAULEZARD, Jean-Louis de ~ (fl. c. 1630) 484.
VAUQUELIN, Nicolas Louis (1763—1829) 574.
Vegetable Staticks, de S. Hales (1727) 578, 630, 682, 691.
VELASCO, Pedro Fernández de ~ (fl. c. 1571) 760.
VENATORIUS [Thomas GECHAUFF] (sec. XVI) 38.
Vendée 756.
VENEL, Gabriel-François (1723—1775) 588, 593-4, 670.
VENEL, Jean-André (1740—1791) 578, 667.
Veneţia, veneţieni 23, 27, 32, 34-5, 38, 42, 47-8, 50, 53-4, 59, 64-5, 67, 107, 123, 138, 148-9, 151, 153, 155, 160, 165-6, 458, 665.
Venezuela 458, 665, 753.
VENTENAT, Étienne-Pierre (1757—1808) 694, 698.
Vénus physique, de P.-L. Maupertuis (1745) 608, 612.
Vera circuli et hyperbolae quadratura, de J. Grégory 247.
VERBIEST, Ferdinand (1623—1688) 734-5, 738.
Verona 48, 165, 435, 700.
VERRAZZANO, Giovanni da ~ (1485—1528) 755.
VERROCCHIO, Andrea del ~ (1435—1488) 35, 151.
Versailles 424.
VESALIUS [ANDREAS VESAL] (1514—1564) 14, 16-7, 146-7, 150-7, 388, 390.
VESLING, Johannes (1598—1649) 423.
VESPUCCI, Amerigo (1454—1512) 523.
Vezuviu 432.
VICQ D'AZYR, Félix (1748—1794) 649, 651, 670.
VIDIUS, v. Guidi, Guido.
Viena, vienezi 25-7, 39, 53, 495, 579, 643, 660, 667, 670, 694.
VIÈTE, François (1540—1603) 11, 47, 54, 56, 59, 61-2, 210, 225-9, 231-3, 238, 240-1, 248, 253, 476, 478.
VIEUSSENS, Raymond (1641—1715) 398, 641, 651.
VIGAROUS, Barthélemi (1725—1790) 668.
VIGO, Giovanni da ~ (c. 1460—c.1520) 168.
Vijayanagar, regat hindus (1336—1565) 748.
VILLA FEINA (sec. XVI) 127.
VILLARS, Dominique (1745—1814) 688.
VILLEGAGNON [VILLEGAIGNON], Nicolas DURAND DE ~ (c. 1510—1571) 755, 765.
Vilnius 670.
Vilvorde 361.
Vincennes 173.
VINCENT DE BEAUVAIS (c. 1199—c.1265) 17, 124, 138.
VINCI, v. Leonardo da Vinci.
VINES *(c.)* 184.
VIRGILIU [VERGILIU] (70—19 î.e.n.) 16.
Virginia 424, 695, 757, 769, 771-2.
Virginia, insula ~ 422.
VITRUVIU (sec. I) 93.
Vivarais 709.
VIVES, Juan Luis (1492—1540) 96.
VIVIANI, Vincenzo (1622—1703), 205, 244, 462, 538.
VLACQ, Adriaan (1600?—1667) 237.
VOGEL, Benedict Christian (1745—1825) 694.
Volga 703.
VOLKHAMER [VOLCKHAMER], Johann Christoph (1644—1720) 421.
VOLTA, Alessandro (1745—1827) 600.
VOLTA, Serafino Giovanni (fl. c. 1796) 571, 645, 663, 700.
VOLTAIRE [François-Marie AROUET] (1694—1778) 454, 456, 492, 495, 504-5, 529, 616-7, 706, 708.
Volvic 707.
Von der Lebenskraft, de J.C. Reil (1796) 638.

VOSS [VOSSIUS], Isaac (1618—1689) 321, 325.
Voyages à travers plusieurs provinces de l'Empire perse (1771—76), de P.S. Pallas şi S.G. Gmelin 673.
Voyage au Levant, de J.-P. de Tournefort 420.
Voyages dans les Alpes, de H.-B. de Saussure 702-3.
Voyage dans les mers du Sud, de A.-F. Frézier (1716) 695.
Vues physiologiques sur l'organisation végétale et animale, de La Métherie 693.

WACHENDORFF, Eberhard Jacob von ~ (1702—1758) 687.
WADA-YASUSI (1787—1840) 742.
WAGNER, Ulrich († 1489/90) 29.
WALLACE, William (1768—1843) 477, 485.
WALLERIUS, Johan Gottschalk (1709—1785) 691-2, 712.
WALLIS, John (1616—1703) 243-9, 255, 283, 285, 290, 461, 463, 474-6, 478, 483, 535, 778.
WALSH, John (1725?—1795) 645.
WALTER, Thomas (1740?—1789) 695.
WALTHER, Bernhard (1430—1504) 27, 87.
WALUSINSKI, Gilbert *(c.)* 511.
Wandsbeck 90-1.
WANG SI-TCH'AN (fl. 1640) 737.
WARGENTIN, Pehr Wilhelm (1717—1783) 515.
WARING, Edward (1734—1798) 474, 479, 486.
Warmia 69, 71.
WARREN, Erasmus (fl. 1690) 427.
WATERMAN, Jacob (fl. c. 1599) 164.
WATSON, Sir William (1715—1787) 559-61, 563.
WATT, James (1736—1819) 549, 551.
WATZELRODE, Barbara (sec. XV) 69.
WATZELRODE, Lucas (1447—1512) 69.
WECHEL, Christian (1485?—1558) 160.
WEDEL, Georg Wolfgang (1645—1721) 425.
WEDGWOOD, Josiah (1730—1795) 544.
WEIDITZ, Hans (fl. 1516—1536) 182.
WEIERSTRASS, Karl (1815—1897) 470.
Weilderstadt 299.
WEINER (sec. XVI) 127.
WENZEL, Karl Friedrich (1740—1793) 596-9.
WERNER, Abraham Gottlob (1750—1817) 699, 703-5, 712.
WERNER, Johannes (1468—1528) 39-40, 45, 53.
WESLEY, John (1703—1791) 704.
WESSEL, Caspar (1745—1818) 475.
WESTRUMB, Johann Friedrich (1715—1819) 590.
WEYER, Johann [WYER = WIERUS] (1515—1588) 406.
WHARTON, Thomas (1614—1673) 149, 398.
WHELER, Sir Georg (1650—1723) 423.
WHELER, Granville († 1776) 554.
WHISTON, William (1667—1752) 491, 704.
WHITE, John (1575—1648) 769.
WHITESIDE, Derek T. *(c.)* 485.
WHYTT, Robert (1714—1766) 640, 642-5, 648.
WIDMANN, Johann (fl. c. 1489) 29-30.
WIDMANSTETTER, Johann Albrecht von ~ (c. 1506—1557) 70.
WIEGLEB, Johann Christian (1732—1800) 590.
WIER, Jan [Johann WYER = WEYER] (1515/16—1588) 406.
WILCKE, Johan Carl (1732—1796) 549, 564.
WILHELM AL IV-LEA, landgraf de Hesse-Kassel, regele Danemarcii (1532—1592) 78, 87, 89.
WILKINS, John (1614—1672) 419.
WILLEMET, Pierre (1735—1807) 692.
WILLIAM HEYTESBURY (fl. 1330—1371) 95, 105.
WILLIAMS, Samuel (1743—1817) 774.
WILLIS, Thomas (1621—1675) 383, 393-4, 396, 398, 400, 404, 632, 634, 640-1, 643.
WILLOUGHBY [WILLUGHBY], Francis (1635—1672) 381, 419.
WILSON, Benjamin (1721?—1788) 558, 777.
WILSON, James (c. 1665—1730) 672.
WILSON, John (1741—1793) 479.
Wingandacoa 769.
WINKLER, Johann Heinrich (1703—1770) 557.
WINSLOW, Jacques Bénigne (1669—1760) 618, 639, 650.
WINTERL, Jacob Joseph (1732—1809) 590.
WINTHROP, John (1606—1676) 774.
WINTHROP, John (1714—1779) 774.
WIRSUNG, Johann Georg (1600—1643) 398.
WIRTZ, Felix (1518—1574) 169.
Wisconstige gedachtenissen (5 volume), de S. Stevin (1608) 61, 110-1, 115.
WISEMAN, Richard (1622?—1676) 402, 408.
WITELO [VITELLION] (c.1230—c.1285) 44, 227, 246.
WITHERING, William (1741—1799) 669.
WITT, Jan de ~ (1625—1672) 481.
Wittenberg 39, 71.

WOEIRIOT, Pierre (1532—c. 1596) 179.
WOLFF, Caspar Friedrich (1733—1794) 613-4, 681, 689.
WOLFF [WOLF], Chrisian von ~ (1679—1754) 689.
WOLLASTON, William Hyde (1766—1828) 599.
WOOD, Charles (fl. 1746) 574.
WOOD, William († 1639) 770.
WOODWARD, John (1665—1728) 430-1, 435.
Woolsthorpe 314.
WORCESTER, Edward SOMERSET, al doilea marchiz de ~ (1601—1667) 550.
WOTTON, Edward (1492—1553) 174, 177, 379.
WREN, Sir Christopher (1632—1723) 249, 283, 285, 290, 410, 459.
WRISBERG, Heinrich August (1739—1808) 650.
Würtemberg 299, 688.
WURSTEISEN, Christian [URSTITIUS] (1544—1588) 78, 80.
WURTZ, Adolph (1817—1884) 599.
WYER, v. Wier.

XIMENEZ, Francisco (c. 1570—c. 1616) 422, 762.
XYLANDER [Wilhelm HOLTZMANN] (1532—1576) 54, 58, 233, 239.

Yale 774-5.
Yangceu [Yangchow] 740.
Yedo 743-5.
Yencing Journal of Social Studies 740.
YOSHIMUNE (sec. XVII—XVIII) 744.
YOUNG, Thomas (1773—1829) 336, 525, 533.
YU SE-K'IEN (fl. 1781) 739.

ZACCHIA, Paolo (1584—1659) 407, 665.
ZALUZANSKY, Adam (1558—1613) 181, 187.
ZAMBERTI, Bartolomeo (fl. c. 1505—1537) 35, 54.
ZANONI, Giacomo (1615—1682) 425.
ZANOTTI, Eustachio (1709—1782) 515.
Zante, insula ~ 152.
ZARQĀLĪ az- [ARZACHEL = AZARQUIEL] (c. 1029—1087) 26.
ZELLER, Johann-Gottfried (1656—1734) 407.
ZERBI, Gabriele († 1505) 149, 165.
Zeteticorum libri quinque, de F. Viète 228, 233.
ZIMMERMANN, Eberhardt (1743—1815) 676.
ZINN, Johann Gottfried (1727—1759) 650.
Zoonomia, de E. Darwin (1794) 609, 611.
ZORN, Johann Heinrich (1779—1819) 680.
ZORN, Johannes (1739—1799) 693.
ZUCCHI, Nicolo (1586—1670) 309.
ZUÑIGA, v. Diego de ~.
Zur Farbenlehre, de W. Goethe (1810) 530.
Zürich 178-9, 182, 700, 702.
Zur Theorie der Parallellinien, de J.H. Lambert (1786) 483.
ZWINGER, Theodor (1658—1724) 156, 158.

Index de noţiuni

Abac, abacişti 23, 26, 741-2.
Aberaţie: ~ a luminii 313, 507-9, 528; ~ cromatică 319, 342, 507.
Absolut newtonian 289-90, 292, 295-6.
Abstracte (ştiinţe ~) 225.
Abstracţie, abstractizare 47, 61, 96, 98, 126, 211, 289.
Absurde (numere ~): v. Negative (numere ~).
Academii 205-9, 411, 449, 459-61, 503, 523, 666. V. şi sub numele diferitelor academii.
Acceleraţie 93-4, 99, 101-2, 104-5. V. şi *Impetus*; ~ constantă 264, 266.
Accese (teoria ~) 332-6, 532.
Acizi, aciditate 131, 135-6, 366-9, 373, 400-1, 410, 576, 585, 590-1, 597-9, 628-9, 652; ~ arsenioşi 132; ~ azotic 135, 368, 371, 373, 597; ~ boric 575; ~ carbonic 597, v. Carbonic (gaz ~); ~ clorhidric 136, 579-80, 597, 629; tăria ~ 597-8; ~ molibdenic 600; ~ organici 600; ~ prusic 575; ~ sulfuric 135-6, 368, 371, 579, 597; ~ tungstic 600.
Aclimatizare 762, 767.
Ac magnetizat. V. Busolă.
Acotiledonate 685.
Acromatism, acromatizare 505, 507, 527-8, 532.
Activitate 296.
Actualism 128.
Acţiune 288; ~ la distanţă 222, 289-90, 292, 314, 495-6, 504, 570. V. şi Atracţie; ~ prin contact 272, 289-90, 295; ~ maupertuistă 494-5; ~ motoare 296; ~ practică 19-20; ~ staţionară (principiul ~) 534; ~ şi reacţiune 100-1; ~ vitală 638; ~ minimă (principiul ~ ~) 534.
Acupunctură 165, 406, 739, 744.
Acustică 211, 262, 339, 449, 525-6, 533, 535-9, 739, 777.
Adaptare 640.
Adevăr fizic 78, 81.
Adeziune, aderenţă 529, 594.
Adunare 29, 32-3, 51, 61.
Aeriformi (agenţi ~) 364. V. şi Aere(e).
Aer(e) 622. V. Gaz; ~ acid 580 V. Acid clorhidric; ~ atmosferic 127, 137, 143, 356 363-6, 414, 535, 537, 540, 545 572, 575-9, 582, 583-5, 622, 624-6, 652-3, 691-2; ~ azotos. V. Azot (bioxid de ~); compresibilitatea ~ 279-80; ~ deflogisticat 581-2. V. Oxigen; densitatea ~ 276; elasticitatea ~ 279; ~ fix 578-9. V. Carbonic (gaz ~); greutatea ~ 95,276-81; ~ inflamabil 579. V. Hidrogen; ~ vital 583, 624.
Aerostate, staţionare aeriană 454, 526, 586, 765.
Afectivitate 214, 375.
Afinităţi, teoria ~ 370, 372, 586, 590-600, 622, 646; tabelul ~ 372, 590-3, 595.
Aforisme 160.
Agent universal 361-6, 368-71.
Agnosticism 213.
Agricultură, agronomie 117, 127-8, 189, 365, 421, 424-5, 693, 738, 767, 770.
Alamă 134, 139.
Alambic 141.
Alauni 123, 130, 135, 138, 574.
Alb 134, 328, 336-41.
Albastru 133; ~ de Prusia 574.
Albine 176, 380, 383, 679.
Albit 455.
Alcahest 362-4.
Alcalii, alcalinitate. V. Baze.
Alcaline V. Metale, Săruri.
Alchimie, alchimişti 10, 118, 126-7,

129-31, 133-5, 138, 140-1, 158, 162, 400, 592, 748, 750-1.
Alcool 136, 453, 543, 751.
Alegorie 129.
Alge 416, 682, 688.
Algebră 21, 28-34, 36-9, 43, 45-52, 54-62, 98, 201, 210, 227-33, 253, 258, 464-5, 470-6, 486, 739-40, 760, 769; ~ literală 47, 53, 227-9, 242; ~ numerică 228, 231; ~ retorică 37; ~ simbolică 47; ~ sincopată 38, 47; teorema fundamentală a ~ 229, 472.
Algebrice, funcții ~ 260. V. și Curbe.
Algorism 26-30, 33, 38, 61.
Algoritm(i) 255, 260, 472; ~ infiniți 477-8.
Alhazen (problem lui ~) 37.
Aliaje 29, 131, 142.
Alidade 311.
Alimentație 129, 165, 173, 394, 453, 540, 606, 653.
Almanah 398.
Alopatie 166.
Alterare 96.
Altitudine (variația presiunii atmosferice cu ~) 277-8, 544.
Amalgame, amalgamare 373, 573, 760-1.
Ambră. V. Chihlimbar.
Amestecuri, metoda ~ 549; probleme de ~ 29; ~ refrigerente 543.
Amfibii 376, 380, 675.
Amfiteatru anatomic 148, 155-6.
Amoniac 368, 592; sare amoniacală 130, 135-6.
Amoniți 431, 700-1, 706.
Amputare 169, 667, 744.
An 70, 82; ~ tropic 90.
Anaclastică 246.
Anaime 375, 381; V. și Nevertebrate.
Analitică (metodă ~) 253, 465.
Analiză 227-8; ~ a apelor 123; ~ a sunetelor 538-9; ~ chimică 135, 396; ~ combinatorie 50, 237, 479; ~ diferențială 633; ~ diofantiană 233-4, 478; exegetică (retică) 288, 231-2; ~ geometrică 228; ~ infinitezimală. V. Calcul infinitezimal; ~ poristică 228; ~ spectrală 429; ~ statistică 481.
Analogie (raționament prin ~) 19.
Analogiile lui Neper 227.
Anatomie, ~ animală 154, 174, 177, 180, 382-6, 389, 396, 416, 632, 644, 666, 672, 679, 735-6, 739, 744; ~ comparată 156, 177, 381-3, 391, 416, 427, 431, 434, 644, 677; ~ generală 416; ~ internă 603; ~ macroscopică 397, 469-50; ~ microscopică 201, 383-6, 397-8, 650; ~ patologică 155, 402, 650-1, 658; ~ structurală 156, 395; ~ topografică 650; ~ umană 35, 146-56, 387, 397-8, 401, 404, 430, 453, 632-3, 649-51; ~ vegetală 186, 415-7, 681, 689, 693, 715, 770-1.
Anevrisme 398, 408, 667.
Angeiologie 398, 649.
Angină 661; ~ pectorală 661.
Animalcule, animalculism 390, 610, 613-5, 619.
Animale 18, 124, 186, 190, 221, 367, 375-81, 387, 391, 395, 416, 552, 616, 635, 769. V. Faună, Zoologie; ~ domestice 172-3, 382, 677; ~ marine 121; ~ -mașină 203, 219-20, 392-5, 401, 643; ~ „moi" 375, 378, 381.
Animism 162, 176, 219, 370, 394, 623, 626, 635, 637, 639, 643, 651, 656-8.
Anotimpuri 162.
Antagonism acid-alcali 366-7.
Antiaristotelism 19, 79, 412.
Anticlinal 707.
Anticopernicani 303, 307-8.
Antiintelectualism 19.
Antimoniu 126, 132, 134, 142, 167, 368, 399, 410, 577; cearta ~ 399; sulfură de ~ 130, 134.
Antispontanism 620-1.
Antropocentrism 151, 176, 215.
Antropologie 157.
Antropomorfism 412.
Aortă 651.
Aparente (direcții ~ ale aștrilor) 289, 507-10.
Aparențe 211, 213, 217, 222, 322.
Apă 120-3, 125-7, 136-7, 143, 166, 362-4, 370, 414-5, 432, 579, 584-6, 625-6, 742; ~ albă 669; compoziția ~ 123, 574, 586, 761; ~ de Colonia 410; ~ de Javel 455; ~ de mare 121, 124; ~ de Seltz 670; ~ de Spa 123; ~ minerală 669-70; ~ regală 368; ~ tare 135, 368; ~ a vieții 136;
Ape, ~ curente 121-2; ~ naturale 578; ~ subterane 119, 122-3, 429-30; ~ termale 117-8, 122-3, 159, 432.
Apetale 420, 685.
Aplanetism 507.
Aplicarea algebrei la geometrie 31-2, 486-8.
Aplicarea analizei la geometrie 488-90.
Apogeul Soarelui (mișcarea ~) 90-1.
Aproximații 25, 36, 227, 504; ~ nelimitate 247.
Arabă (limba ~) 38, 57, 148, 175.
Arahnide 380.
Arahnoidă 649.

Arbori 159, 184, 412, 418, 422, 767; ~ de cacao 190, 762; ~ de cafea 190, 697; ~ de chinină. V. Chinchina.
Arboricultură. V. Horticultură.
Arbuști 184, 767, 769.
Arc, ~ de cerc mare 57; ~ de meridian. V. Meridian.
Arcificarea dreptelor 24.
Archee 158.
Ardere 294, 362, 364-5, 371-3, 454, 540, 575-9, 584-5, 590, 622, 625.
Areometru 597.
Argilă 125, 144.
Argint 126, 131, 134, 141, 369, 760.
Arhaism 203.
Arheologie 130.
Arhimede, principiul lui ~ 210, 280.
Arhimedism, știință arhimediană 107, 110, 115, 242-3.
Arhitectură, arhitecți 14, 34-5, 40, 149, 234.
Arici de mare 121, 378-9, 708.
Arii. V. Cvadraturi; legea ~ 290, 301-2, 501, 512.
Aristotelism, aristotelieni 15, 17-20, 36, 71, 73, 75, 78, 81, 83-5, 93, 98-9, 104-5, 107-8, 117, 127-8, 157, 177, 213, 216, 264, 267, 269, 281, 303, 307, 322, 324-5, 338, 352-3, 361, 387, 389, 392, 414, 427-8, 541, 632, 635, 687.
Aritmetică 21, 23, 26, 29-33, 38, 42-3, 45, 53-62; ~ comercială 32, 55, 57; ~ politică 481; ~ practică 56, 489.
Armată 58.
Arme de foc 169, 172, 265-6.
Armonice 535-9.
Armonie, armonii 176, 221, 293, 296, 539; ~ a lumii 296, 302; ~ a sferelor 210.
Arsen 131-2, 135-6, 368, 669; sulfură de ~ 130-2; compuși cu ~ 133-5.
Artă, artiști 130, 148, 151, 178-80, 205, 457. V. și Iconografie.
Artă, artizanat 36, 41, 97, 130, 206, 211-2, 357, 452-7, 505; ~ militară 503.
Artere 154-5, 390-2, 631.
Artilerie, artificieri 49, 102-3, 272, 576. V. Tun.
Ascultație (auscultare) 163.
Asemănare 242.
Asfixie 576, 665.
Asigurări 457, 466, 481.
Asimilare 388; ~ clorofiliană 692.
Asimptote 246, 487.
Astrofizică 428.
Astrologie 18, 21, 28, 39, 44, 48, 88, 140, 145, 158-9, 162-3, 168, 398, 749-50.
Astronomie 14, 21, 25-6, 28, 38-9, 42, 44, 54, 56, 63-92, 93, 203, 210, 215, 225, 235-6, 260, 297, 298-317, 319, 344, 353, 387, 455, 460-1, 466-70, 503-23, 525, 733-4, 736-8, 740, 743-5, 748-50, 765, 771, 774; ~ cinematică 92; ~ de poziție 503, 505; ~ fizică 83; instrumente astronomice. V. Instrumente, Lunetă, Cvadrant, Sextant, Telescop, ~ matematică 79, 85, 88-9, 503; ~ nautică 521-3, 767-9.
Astrozofie 158.
Așteptare matematică 479-80.
Aștri. V. Stele, Planete; influența ~ 118, 121, 127, 141, 429, 653.
Atmosferă, ~ electrică 552, 556, 559, 562-4; ~ terestră 511, 544, 691-2.
Atom, atomism, teoria atomică a materiei 158, 217, 219-21, 269-70, 273, 288, 292, 296, 323, 336, 369-70, 372, 496, 546-7, 559, 563, 585, 591, 593-4, 600, 681.
Atonie 635, 653, 655.
Atrabilă 161.
Atracție 216, 221-3, 294-5, 314-5, 342, 346, 350, 492, 593-5, 634, 646-7; ~ a aștrilor 119, 269; ~ a elipsoizilor 470-1; ~ a sferelor 253, 290, 315; ~ electrostatică 127, 222, 358-60, 556, 564-6, 568, 570; ~ magnetică 350-1, 353-60; ~ universală 272, 291, 315-6, 401, 504-5, 511, 517, 529-30.
Aur 126, 131-4, 141-3, 361, 753, 755-6; ~ potabil 168, 399.
Aurărie 130-3, 178.
Austral (cer ~) 314, 520.
Autodidacți 25, 246.
Automatism, automate 212, 393-4, 453, 541, 642-4, 735.
Autopsie 149, 152-4, 164.
Autoritate 214.
Auz 539, 650.
Averroism 14-5, 89, 93.
Axe de coordonate 486-8.
Axiome 56, 98, 101, 111, 262, 289, 297.
Azile 665.
Azot 581-3, 590; bioxid de ~ 580; protoxid de ~ 580-1.
Azotați 130, 135.

Baconism, baconiști 207, 212-3, 223.
Bacterie 385, 416.
Baghetă magică 127.
Balansier. V. Orologiu.
Balanță 94-5, 98, 111-2, 271, 401, 457, 629; ~ electrostatică 568-9.
Balenă 179, 376.
Balistică 48, 102-4.
Balneoterapie 122-4, 653, 665, 669.
Baloane. V. Aerostate.

Balsam(uri) 410; ~ de Peru 167, 762.
Baricentru. V. Centru de greutate.
Bariu, barit 573, 600.
Barometrică (experiența ~) 204, 268, 276-81.
Barometru 279-80, 394, 541.
Bazilic 174.
Batracieni 377, 614-5, 626, 645. V. Amfibii.
Bazalt 124-5, 704, 707-8.
Baze, bazicitate 366-8, 373, 400, 410, 592, 597-9, 652; ~ alcaline 572; ~ alcalino-pământoase 572; ~ caustică 135; ~ fixă 368. V. și Potasiu, Sodiu; ~ volatilă 368.
Băi, balneologie. V. Balneoterapie.
Bănci, schimburi bancare 21.
Bărbieri 161-2, 169-70, 407.
Bătăi 536.
Beaune (curba, problema lui ~) 246, 256.
Belemniți 710.
Bernoulli (numerele lui ~) 479-80.
Bezoar 124.
Bibliografie 192-7, 438-45, 722-8, 746-7, 779-80.
Biblioteci 771, 775.
Bilă 161, 627-8, 646.
Biliard 220.
Binomul lui Newton 248, 250.
Biochimie 388-9, 638.
Biologie 203, 218, 603-21; ~ mecanicistă 212, 219, 223, 387, 392, 395-6, 481, 681-2, 698.
Biomecanică 158, 203, 401-2, 414.
Birefringență 322, 433.
Bismut 134, 574.
Bitum 123-4.
Blănuri 173.
Boabab 190.
Bogății naturale 764.
Borax 124, 126, 135.
Botanică 35, 181-91, 412-26, 453, 605, 631, 671-2, 681-98, 745-6, 761, 764, 766-72; ~ aplicată 189-90, 422, 693-4; ~ medicală 187-8, 425, 693-4; ~ sistematică 182-6, 412-3, 418-20.
Boyle-Mariotte (legea lui ~) 279-80, 545.
Brahiopode 431, 678.
Brahistocronă (problema ~) 462.
Brahmanism 323, 748-9.
Briozoare 678.
Broască 384-5, 614-5, 645, 647, 672, 679.
Broussaissism 655-6, 659.
Brownism 655.
Bucătărie 453-4.
Budism 740, 749, 751-2.
Bulb rahidian 395, 641, 644.
Bureți 124.
Burghezie 205, 583.
Busolă 127, 344-5, 348, 355-8, 568; ~ de înclinație 351.
Butelie de Leyda 558-9, 561, 564, 645, 663, 778.

Cabinete, ~ de curiozități 455; ~ de fizică 209; ~ de geologie 428, 434-5; ~ de istorie naturală 672-3, 701.
Cadastru 48.
Cadavre 152-4, 398, 651.
Cadran solar 234.
Cafea 410. V și Arbore de ~.
Cal 375-6, 382, 602, 607, 647.
Calcinarea metalelor 132, 135, 142, 168, 276, 362, 371-2, 546, 575-7, 581-2, 584-5, 588, 624.
Calciu 135, 368, 371, 573, 584, 592; carbonat de ~ 134; săruri de ~ 135.
Calcografie 178.
Calcul 25-6, 28, 210, 217, 246, 391, 452-3, 457, 502, 738, 740-2, 759; ~ al fluxiunilor 250-3, 290, 316, 462-3, 465, 469-70; ~ al probabilităților. V. Probabilități; ~ al variațiilor 449, 462, 468-9, 488, 495; ~ astronomic 236; ~ cu diferențe finite 256-7, 464; ~ cu fracții 30; ~ cu jetoane 26, 29, 42-3; ~ cu numere imaginare 52-3; ~ cu pana 42-3. V. și Algorism; ~ diferențial 248, 255-61, 296, 316; ~ infinitezimal 201, 217, 221, 233, 237, 238-61, 267, 322, 449, 459-71, 489, 496, 525, 760; ~ integral 238, 241, 253, 255-6, 259-60, 296, 301, 316, 449, 462-3, 480, 487, 491, 742; ~ logaritmic 31; ~ sexagezimal 42, 55; ~ vectorial 253.
Cald (calitatea de ~) 127, 137, 143, 540.
Calendar 27, 54, 81-3, 162, 451, 734, 736-7, 744.
Calități 157, 323, 329, 332, 341, 369, 592; cele 4 ~ 126-7, 129, 137, 143, 157, 166; fizica ~ 204, 211, 263, 273, 281, 291-2, 360, 551; ~ fundamentale 540-1; ~ oculte 270, 294, 354, 491.
Calorimetru, calorimetrie 454, 546-50, 587, 622, 625.
Caloric 546-50, 585, 588, 625-6.
Cameră obscură 318, 320.
Caminologie 454.
Canale 35.
Cancer 667.
Caneluri, părți canelate 354-5.
Cangur 674.

Cantitate, ~ de acțiune 494-5, 534; ~ de căldură 203, 540, 546-50, 622; ~ de electricitate 560; ~ de mișcare 219, 274, 285, 289, 294.
Cantitativ(ă) 108, 210-1, 401, 540, 549-51, 552, 566, 597, 624; metodă ~ 204, 211, 217, 401, 414.
Cap 409, 667; ~ mort *(Caput mortuum)* 143.
Capacitate, ~ calorică 548-9; ~ electrică 567.
Capilare, ~ neuro-limfatice 398; vase ~ arterio-venoase 384, 391, 417, 630.
Capilaritate 282, 359, 529, 591.
Capitalism 118, 737.
Car, ~ cu aburi 735, 737; ~ cu pînze 115.
Caracteristici 468, 489.
Carantină 165, 382, 404, 665.
Carbon 134, 625-6, 692.
Carbonat, carbonați 130, 133, 581; ~ alcalini 578; ~ de calciu 134; ~ de magneziu 573; ~ de potasiu 135; ~ de sodiu 126, 135.
Carbonic (gaz ~), (aer fix) 573, 578-9, 594, 625-6, 692.
Cardan (formula lui ~) 49-50.
Careu magic 237, 742.
Carie dentară 668.
Cariere 127.
Carnot (teorema lui ~) 499.
Cartezianism, cartezieni 205, 207, 270-1, 281-4, 287-8, 291, 294, 296, 327, 354--6, 372, 393-4, 396, 414, 449, 463, 491-3, 496, 504, 518, 534, 557, 559, 584 591-2, 624, 637, 644, 646, 681.
Cartof 184-5, 693, 762, 769.
Cartografie 39, 705, 733-7, 764-5, 767-8.
Cascade, (metoda în ~) 474.
Casia 167.
Castele 89.
Castor 177.
Catalog, cataloage. V. Inventare; ~ de stele 70, 90-1, 309, 313, 519-21, 738. V. și Tabele astronomice.
Cataractă 668.
Catastrofă 512; ~ geologică 117.
Catastrofism 121.
Catolic, catolicism 80-3.
Cauciuc 763.
Caustică 259, 462.
Cauzalitate 633.
Cauze, ~ accidentale 618; ~ actuale 128; ~ eficiente 288; ~ extraordinare 618; ~ finale 291-3; ~ fizice 214, 222-3, 264.
Caverne 119-20, 122.
Căderea corpurilor grele 76, 79, 84, 86, 94-6, 99-103, 105-9, 216-7, 236, 262-4, 266-72, 276, 286, 495.
Călătorii 14, 140, 164-5, 170-1, 181, 189-91, 208-9, 411, 419-20, 422-4, 427, 664, 673-4, 683, 695-8.
Căldură 293, 325, 349, 388, 414, 429, 450, 461, 525-6, 540-51, 582, 590, 593, 622, 650; ~ animală 540, 550, 625-6; cantitate de ~ 203, 540, 546-9, 652; ~ de disociere 550; ~ de reacție 550; ~ latentă de schimbare de stare 548-50; ~ radiantă 548; ~ solară 540; ~ specifică 548-50; ~ subterană 118, 127.
Cămilă 376.
Cărbune 119, 123, 134, 362, 371, 576, 704.
Ceai 410, 698.
Ceasornic(e). V. Orologiu; ~ cu nisip (clepsidră) 95, 660.
Cefalopode 180, 378, 381.
Celenterate 677.
Cel mai mare divizor comun 57, 60.
Celulară (teoria ~) 417, 682.
Celule 203, 611-2, 626, 647.
Centesimală (scară ~) 544.
Centru, ~ de agitație 272-3; ~ de greutate 36-7, 53, 111-2, 115, 242, 244-6, 254, 495; ~ de inerție 495; ~ de oscilație 286, 494; ~ de percuție 285; ~ instantaneu de rotație 240, 244; ~ nervos 645.
Cenuși 135.
Cer(uri), lume cerească 18, 63, 68, 85, 216, 274-5, 322, 344, 352, 427; harta ~ 87, 90-1, 734; imobilitatea sferelor cerești 68, 86-8, 303, 307.
Ceramică 130, 145, 540.
Ceraunite 711.
Cerb 376.
Cerc(uri) 24-5, 46, 218, 226, 240; ~ ale astronomiei ptolemeiene 73-6, 89.
Cercetare, ~ operațională 175; ~ științifică 137, 139, 149, 203-5, 209, 273, 305.
Cerebel 395, 640-1.
Cerneluri 133-4.
Certuri V. Dispute.
Ceruză 134.
Cervidee 769.
Cetacee 174, 178-9, 375-6, 380-1, 675, 677, 679.
Cezariană (operație ~) 169, 409, 669.
Cheiroptere 376, 380.
Chihlimbar 124, 127, 168.
Chil 388, 392, 625.

Chilifere (vase ~) 392.
Chimiatrie 167-8, 399, 410.
Chimie 127-8, 129-45, 201, 211, 276, 361-73, 395-6, 399-400, 402, 413, 433, 450, 454-5, 525-6, 529, 540, 543, 546-7, 572-600, 622-3, 627-8, 633-4, 638, 647, 651, 653, 656, 671, 683, 750, 760-1, 775, 777; ~ agricolă 692; ~ biologică 587, 638; ~ anorganică 623; ~ fiziologică 587; ~ medicală. V. Iatrochimie; ~ organică 130, 623; ~ pneumatică (a gazelor) 545, 565, 572, 584, 587, 599, 622, 626; ~ vegetală 425, 692.
Chinchina 403-6, 409-10, 655, 762-3.
Chineză (limba ~) 733-6.
Chinină 403-4, 406, 409-10, 653, 659, 661.
Chintesență 142-3, 168, 361.
Chiromancie 163.
Chirurgie 147-8, 152, 156, 159-61, 164, 169-70, 404-9, 453, 650, 665-9, 743.
Chirurgi 169-70, 398, 403.
Chrysocilla 126.
Cicloidă 54, 239-40, 244, 249, 287, 536.
Ciclosă 692.
Ciclul lui Méton 83.
Cifre, ~ arabe 26; ~ romane 26.
Cilindru 485, 489; ~ -piston 551.
Cimitire 665.
Cinabru 134.
Cinematică 92, 95, 220, 240, 493; metoda ~ 240, 244.
Cinetică 221, 495; teoria ~ 324-6, 338. V. și Energie, Gaz
Ciocnire (șoc) 100-1, 104, 221, 223, 270, 272, 274-5, 282-5, 288-90, 296, 326, 408, 494-5 499-500, 535, 537, 598; ~ a corpurilor rigide 274, 283-5; ~ elastică 285-6, 494-5.
Ciocolată 410.
Cioplirea pietrelor prețioase V. Șlefuire
Circuit electric 560.
Circularitate (principiul ~) 72-3, 76-7, 215, 301.
Circulatorie (fiziologie ~) 391.
Circulație, ~ a apelor 117, 121, 429-30; ~ a sevei 162, 186, 414-5, 419, 691; ~ a sîngelui 155, 157-8, 162, 176, 186, 201, 203, 207, 384, 390-2, 395, 397, 415, 427, 629-31, 644, 656, 691, 735; ~ coronariană 398, 612; ~ limfatică 392; ~ pulmonară 390-1.
Cisterna lui Pecquet 392.
Ciumă 159, 162, 165, 314, 403-5, 650, 665, 667.
Ciuperci 184, 416, 688.
Cîine 377, 392, 394, 627.
Cîmp, ~ de forță 563; ~ demagnetizant 568; ~ electric 559; ~ magnetic 556, 559; ~ magnetic terestru 568; ~ uniform 358.
Cîntărire 158, 401.
Clairaut, canalul lui ~ 496; ecuația lui ~ 467; principiul lui ~ 496, 498.
Clasicism 648.
Clasificare 176, 450, 648, 706, 764, 771; ~ a curbelor 486-7; ~ alfabetică 174-5, 178; ~ animală 18, 174-8, 375-81, 601-2, 672, 675-80; ~ artificială 684-6; ~ binară 601; ~ botanică 182-5, 189, 412-3, 418-20, 684, 686-7; ~ chimică 134, 141-2; ~ mineralogică 124-6, 433-5; ~ naturală 178, 182, 419-20, 450, 601-2, 674, 685-6, 706; ~ pozitivă 177.
Cleiuri 133.
Clepsidră. V. Ceasornic cu nisip.
Climatologie, climate 162, 404, 540, 606, 637, 653, 664, 680, 773.
Clinici, clinicieni 163, 402, 634, 639, 651, 660-1.
Clivaj 714.
Clor 599-600.
Clorofiliană (asimilație ~) 692.
Cloruri 130; ~ de calciu 135; ~ de etilenă 600; ~ de sodiu 126.
Coacere 161.
Coarde (astronomie) 26; (mecanică) 494; ~ vibrante 210, 454, 464, 469, 535-6, 539; ~ vocale 539.
Cobalt 133, 574.
Coca 167, 762.
Cochilii. V. Conchiliologie.
Coeficienți, ~ nedeterminați 486; relații între ~ și rădăcini 229, 231, 473.
Coeziune 267, 274, 283-4, 327, 594.
Coincidența maximului cu minimul 24-5.
Colecistită 667.
Colectarea plantelor. V. Ierborizare.
Colecții. V. Cabinete.
„Colet" 186.
Coloranți 130-4; ~ animali 130; ~ minerali 130, 133-4; ~ vegetali 130-1, 133-4.
Combinarea mișcărilor (principiul ~) 264-6, 272.
Combustibilitate 713.
Combustie. V. Ardere.
Comentarii 54, 65, 161, 181, 185.
Comerț, schimburi comerciale 21, 26, 29, 32, 58, 130, 138-9, 453, 457, 503, 766.
Cometă, comete 67, 88-9, 275, 291-3, 309, 314, 511, 523, 738, 760, 774; ~ din anul 1533, 162; ~ din anul 1577, 88;

~ din anul 1618, 302; ~ lui Halley (1681/82, 1759, etc.) 314, 505, 511, 513.
Comparabilitate 542.
Compas 232; ~ cu deschidere fixă 36.
Compilații 130-2, 138, 181, 185, 404, 735.
Comportare animală 395.
Compoziție, ~ a corpurilor (chimie) 585, 588; ~ a mineralelor 433; ~ a vegetalelor 413.
Compresibilitate, ~ a fluidelor 290, 498; ~ a gazelor 280, 537.
Compunere, ~ a forțelor 500; ~ a mișcărilor 100, 264-5, 272; ~ a vitezelor 286.
Compuși, ~ chimici 131, 135-6, 139; ~ minerali 140, 142.
Comput bisericesc 21, 29, 42, 82.
Con 40, 53, 489.
Conatus 288, 295.
Concavitate 36.
Conceptualizare 647.
Conchiliologie 378, 672, 678.
Concoidă 41, 232, 240.
Concurență vitală 708.
Condensator, ~ electric 558, 778; ~ separat 549, 551.
Conductivitate, ~ electrică 555, 565, 567; ~ nervoasă 637, 639; ~ termică 550.
Confort 452-4, 457.
Confucianism 740.
Congelare, punct de ~ 544; punct de ~ a apei 543.
Congruența dreptelor 489.
Conice, secțiuni conice 37, 39-42, 53, 225, 227, 231-2, 234-5, 240, 250, 302, 484-5, 487, 511.
Conjecturi 284.
Conoid ascuțit 243, 249, 255.
Conservare 273; ~ a animalelor 673; ~ a căldurii 546; ~ a energiei 547-8; ~ a forței motrice 100; ~ a forțelor vii 296, 495, 497, 501; ~ a mișcării 100, 270, 294, 296, 493, 778; ~ a mișcării centrului de greutate 501; ~ a momentelor 501; ~ a sarcinii electrice 561, 564, 778.
Consonanțe 539.
Constantă, ~ dielectrică 567; variația constantelor 513.
Constanța unghiurilor diedre (ale cristalelor) 713.
Constituții medicale 403.
Construcție, construcții, ~ a caselor 453; ~ a rădăcinelor 229-30; ~ cu compasul 485; ~ cu rigla și compasul 226-7, 232; ~ geometrice 36, 40, 55, 485.
Conștiință 221. 638-40, 644.
Contabilitate 21, 34, 58.
Contact, acțiune prin ~. V. Acțiune; probleme de ~ 226-7, 743.
Contagiune 164-5, 404.
Contemplare 211-2, 214.
Continente 118, 702.
Continuitate 529; principiul ~ 24-5, 296.
Continuu, continuă, mărime ~ 58, 60, 236; mediu ~ 262.
Contractilitate 637, 654, 657-8.
Contracție, ~ musculară 393, 401, 629, 632-8, 647; ~ sistolică 630.
Contradicție 477.
Contra-stimulism 655.
Convergența seriilor 464.
Cooperare științifică internațională 515-6.
Coordonate. V. Geometrie analitică; ~ curbilinii 489; ~ polare 462, 471.
Copernicană (astronomie ~) 71-3, 77-81, 84-6, 89, 93, 201, 265, 298-300, 303-4, 306-7, 744, 774.
Copernicanism 77-81, 84-6, 269-70, 273, 307, 353.
Copiști 133, 138, 160.
Corali 124, 126, 173, 179, 434.
Corculum 186.
Corelarea formelor 673.
Corespondență științifică 28, 185, 202, 208, 237, 248, 268, 272, 282, 673, 766-8.
Corp(uri) 220, 288; ~ dure (rigide) 274, 283-5; ~ galben ovarian 153; ~ grele 67, 101, 106; ~ moi 101, 283, 285; ~ nobile 134; problema celor 2 ~ 505; problema celor *n* ~ 513; ~ simple 369-70; ~ striate 641; ~ uman 34, 42, 541, 742. V. și Anatomie umană,
Corpusculară (teoria ~), ~ a luminii 270, 322-6, 329, 332-7, 339, 342, 529-34; ~ a materiei. V. Atomi.
Corupție 96, 117, 213.
Cosinus 28.
Cosmetice 125, 135.
Cosmogonii 117-8, 128, 282, 514.
Cosmografie 44, 53, 57, 124, 427-9, 750.
Cosmologie, Cosmos 17-9, 63-6, 70-2, 75, 77, 79, 83, 85-6, 109, 117, 124, 214, 217, 268, 540, 633; V. și Lume, Univers.
Coss, cosiști, notație cosică, algebră cosică 21, 30, 43, 45-6, 56-7.
Coulomb, balanța lui ~ 568-9; legea lui ~ 346, 499, 568.
Craniu 398, 667, 680.
Creațiune 117-9, 176, 366, 432.
Creier 149-50, 154-6, 162, 392, 395, 398, 632, 634, 638-44, 649, 652, 657.

Cremene (silex) 125, 711.
Crepuscul 57.
Creștere 157, 186, 417.
Creștinătate, creștinism 13, 15-6, 73, 117, 159, 743-4, 753.
Cretă 125, 431.
Creuzet 141.
Criptogame 421, 684-5, 688-9.
Cristal de stîncă 125, 555-6.
Cristale 124-6, 425, 428-9, 433.
Cristalin 668.
Cristalizare 591, 594.
Cristalografie 433-4, 713-4.
Critică 147.
Cronice (boli ~) 652.
Cronologie 451. V. și Calendar ~ biblică 117, 120-1; ~ geologică 119, 708-10, 715.
Cronometru 521-3.
Crown 528.
Cruguri (orbite) 66, 74-5, 77, 79, 86, 89.
Crustacee 375, 378-9, 381, 383, 385, 675, 769.
Cuantă de acțiune 329.
Cuarț 434, 713.
Cubatură 242-3. V. și Volume.
Cubice 485-6.
Culori, teoria ~ 291, 322-3, 325, 328-30, 332-5, 337-43, 373, 530-3, 552; ~ pure. V. Monocromatism.
Cultură. V. Agronomie, Horticultură, Grădini.
Cunoaștere 15, 17, 19, 117, 147, 213, 276, 302.
Cunoștințe, ~ anatomice 147; chimice 137-8, 141, 144-5.
Cupelare 132.
Cuplu de forțe (mecanică) 568; (medicină) 657-8.
Cupru 126, 131-5, 139, 142, 436; săruri de ~ 133, 138.
Curara 765.
Curbă, curbe 41, 462, 485-7; ~ balistică 291; ~ geometrice (algebrice) 232, 238-41, 249-50; ~ izocronă 248-9; ~ mecanice (transcendente) 232, 240, 245; ~ plane 466, 486-7.
Curbură 24, 487, 489; linii de ~ 489; ~ suprafețelor 489.
Curcubeu 338.
Curent electric 558, 645.
Curiozități 455, 457.
Curmal 187, 189.
Cutremure de pămînt 117-9, 427, 432, 700, 704, 735.
Cvadrant 69, 87, 90, 771; ~ geometric 26, 66.
Cvadratrice, ~ a lui Dinostrates 248; ~ lui Roberval 245.
Cvadratură 242-7, 250, 255, 259-60, 462; ~ a cercului 24, 36, 55, 226, 241, 244.
Cvadrice 487-8.
Cvadrupede 375-6, 603, 675-6; ~ ovipare 375, 377, 380; ~ vivipare 375-6, 380-1.

D'Alembert, paradoxul lui ~ 498; principiul lui ~ 493-4.
Darwinism 609.
Debleuri și rambleuri (problema ~) 489.
Decapanți 135.
Declinație magnetică 347-51, 355.
Decorați 454-5.
Deferente 74-5, 299.
Definiții 97, 289.
Degenerarea animalelor 604, 606-7, 772.
Delfin 178-9, 376, 382.
Demografie 454, 481-2.
Demoni 117, 128, 618.
Dendrite 715.
Densitate 107, 219, 372, 543, 713; ~ a gazelor 545; ~ electrică 569.
Dentistică 668.
Deplasări virtuale 98, 111, 500.
Derivată 257; V. Calcul diferențial; ~ parțiale 467-8.
Dermatologie 405, 661.
Desargues (teorema lui ~) 235.
Descartes, ovalele lui ~ 239; regula semnelor lui ~ 229, 231, 474.
Descărcare, ~ atmosferică 365; ~ electrică în gaze 553. V. Scînteie.
Descompunerea luminii albe 531.
Descoperire, descoperiri, ~ astronomice 225, 298, 303-7, 308-11; ~ chimice 138, 583; mari ~ maritime 11, 189.
Descrieri, ~ ale ființelor vii 201; ~ botanice 182, 184, 189-91, 412, 683-4; ~ zoologice 603, 674, 677-8.
Desen(e) 457. V. Iconografie; ~ tehnic 97.
Desfășurate și desfășurătoare 250, 259, 462, 488.
Despotism luminat 460.
Determinanți 472, 742.
Determinism 400, 477.
Devierea luminii 528.
Dezinfectant 404.
Dezvoltare 413-5, 417; ~ în plan 58.
Diabet 404.
Diafragmă, ~ optică 319, 321; ~ (anatomie) 392, 637.
Diagnostic 95, 739, 750, 761.
Dialectică, dialecticieni 15, 24, 56, 396.
Dialipetale 420.
Diamant 434, 581.
Diametre principale 487.

Diapazon 537.
Diateză 655.
Dicotiledonate 183-4, 416, 419, 685.
Dicționare 160, 744, 760.
Dietetică 173, 453.
Diferențe, diferențiale 257-60, 463; ~ de ordin superior 259.
Diferențial (caracter ~) 271.
Diferențiere 255, 258-9.
Difracție 322, 327-9, 334, 336, 529-30, 532.
Difterie 661.
Difuzarea cunoștințelor științifice. V. Răspîndirea cunoștințelor științifice.
Digestie 388, 400, 625-9, 650, 653.
Digestiv (tub ~) 653, 655. V. Stomac, Ficat, Intestine.
Digitală 669.
Diguri 58, 206.
Dilatare, ~ a apei 543; ~ a gazelor 545-6; coeficienți de ~ 542; ~ termică 541, 543-4.
Diluviană (teoria ~) 707.
Dimensiuni, ~ ale lumii 90; ~ ale sistemului solar 514-7.
Dinamică 21, 43, 68, 98, 101, 104-5, 109-11, 201, 215, 221, 267-8, 276, 289-90, 296, 336, 493-7, 501; ~ a gazelor 454. V. și Hidrodinamică; ~ a punctului 501; ~ a solidului 501-2.
Dinamism 158, 176, 216, 222.
Dioptrică 225.
Diptere 379-80, 679.
Direcții determinate 63, 84.
Discontinuă (mărime ~) 58, 496.
Discrazie 161, 165.
Disecție 146-53, 155-6, 641; ~ botanică 413; ~ zoologică 153-4, 382, 395, 604, 632, 672.
Diseminarea germenilor 610.
Dispersie 322, 327-8, 331-2, 341-2, 527-8, 530, 532.
Dispute, *disputationes* 204-5, 282, 312, 463-4, 492.
Distanță, ~ Lună-Pămînt 512; ~ Pămînt-Soare 512.
Distilare 136, 363, 368.
Distribuția electricității 566, 569.
Divizare, ~ a arcurilor 226; ~ a figurilor 57.
Dizenterie 405.
Dizolvare 142, 591.
Dobînzi 29; tabele de ~ 58-9.
Docimazie 127, 139.
„Docta ignoranță" 24-5, 63-4, 214.
Doctorat 171, 411.
Doctrină chimică 136-7.
Dogme, dogmatism 145, 150-1, 212, 215, 292, 336, 372, 698.
Domesticire 606.
Dominante (caractere ~) 770.
Dragoni, balauri 209, 375, 377, 380.
Dreaptă, drepte 486-8; coordonatele axiale ale ~ 488; familie de ~ 488-9; geometria ~ 488.
Drept (știință) 69.
Droguri 190, 422, 751. V. și Farmacopee.
Dublarea volumului (unui cub) 40, 55, 477, 760.
Dublă descompunere (reacție de ~) 593, 595, 597-8.
Dublă refracție 322, 327, 329-30, 334, 340, 433, 532.
Duble proiecții 484.
Dumnezeu 16, 118, 220, 222, 274, 283, 288, 293, 390, 492, 605, 644, 682.
Duplicație 15, 33.
Dura mater (anatomie) 653.
Duritate 219-20, 434, 529, 713.

e (numărul ~) 476.
Ebraică, limba ~ 124, 175; știința ~ 27, 159, 162, 171.
Echilibrare (arta ~) 110.
Echilibru 110-1, 494. V. și Statică; ~ al unei mase fluide în rotație 470, 496, 517; ~ hidrostatic 113.
Echinoderme 378-9, 383, 701.
Eclectism 105-6.
Eclipse 67, 162, 512, 734, 737-9, 744, 749, 765, 774, 776.
Ecliptică 300, 735; înclinarea ~ 90.
Ecluze 58.
Ecologie 176, 415.
Economie 172, 457, 754; ~ naturală (principiul ~ ~) 533-4.
Ecorșeu 153.
Ecou 538.
Ecuații (algebră) 30-2, 34, 37-8, 46-53, 55, 57, 60-1, 228-31, 237, 472-5, 478; ~ binome 473; de gradul al 2-lea 30, 34, 38, 47, 52-3, 60-1; de gradul al 3-lea 17, 30, 34, 46-52, 61, 226, 232, 472-5; ~ de gradul al 4-lea 30, 34, 46-8, 50, 52, 61, 230-2, 240, 472-3, 475; ~ de gradul al 5-lea 472-3; ~ de grad superior lui 4, 37, 57, 232, 472-3; ~ liniare 472; ~ lui Pell-Fermat 478-9; ~ nedeterminate 478, 742; rezolvarea aproximativă a ecuațiilor 50, 61, 231, 466, 474; teoria ~ 30, 472-4.
Ecuații (calcul infinitezimal), ~ cu derivate parțiale 449, 467-8, 488-9, 536; ~ cu

diferențe finite 467; ~ cu diferențiale totale 467; ~ diferențiale 260, 449, 464, 467-8, 478, 495.
Ecuații (diverse), ~ anuală a Soarelui 91; ~ chimice 595. V. și Clairaut, Lagrange, Laplace.
Ecuatorială, astronomie ~ 734-6; umflătură ~ 509, 518.
Ediție, ediții, editări 23, 55-6, 91, 104, 148-9, 153, 159-60, 174, 178-9, 181, 206-7, 233, 237, 247, 268, 504.
Educație. V. Învățământ.
Efect giroscopic 94.
Efemeride 78-80, 523.
Efluvii, ~ electrice 359, 553-4, 559-60; ~ magnetice 356, 359.
Egalitate (semnul ~) 33.
Elastice, corpuri ~ 100-1, 495; ciocniri ~ 495.
Elasticitate 220, 267, 269, 274, 279-80, 283, 295, 330, 538, 568, 634.
Electricitate 201, 203, 358-60, 372, 450, 525-6, 529, 540, 552-71, 622, 645, 662, 669, 692, 776-8; ~ animală 638, 645, 663; cele 2 feluri de ~. V. Fluide; ~ dinamică 571; ~ pozitivă 563; ~ terestră 212.
Electrizare prin influență 554-5.
Electrochimie 596.
Electrodinamică, electroliză, electromagnetism 571.
Electrofiziologie 645.
Electrometru 556, 564-5.
Electroni 559, 562, 778.
Electroscop 359.
Electrostatică 344, 346, 360, 525-6, 552-71. V. și Atracție Electricitate, Mașină electrostatică.
Electroterapie 662-3.
Elefantiazis 164.
Elefant 122, 178, 376, 712.
Elemente, ~ ale lui Aristotel (sau Empedocles) 126, 129, 137, 142-4, 157, 166, 218, 322, 325, 362, 369, 414, 540, 579; ~ ale fizicii chineze 742; ~ chimice 585-7, 624; ~ spagirice 158. V. și Principii paracelsiene.
Elice 41, 738.
Eliminare (metoda ~) 473-4.
Elipsă 40, 290, 295, 301, 738; arcuri de ~ 249.
Elipsoid, ~ de revoluție 471, 517; ~ turtit 517-8.
Eliptică (traiectorie ~) 302, 354, 512.
Elixir 136, 453.
Embriologie 156, 177, 382, 389, 391, 415; ~ descriptivă 613-4.
Emisferă, emisfere, ~ de Magdeburg 279; ~ rostogolită 94, 99.
Emisie (teoria ~) 336, 525, 529-30, 548. V. și Corpusculară (teoria ~).
Empedocleism 540.
Empirici, empiriști 104, 107, 158, 170, 176, 218, 222, 635, 647; medici ~ 408.
Encefal 641.
Enciclopedism 11, 18, 32, 223, 375, 449, 736, 738, 740, 751. V. și Enciclopedie (Indice de nume)
Energetică 286, 294, 496-7, 499; ~ biologică 396, 625, 638.
Energie 284, 547-8; ~ calorică 540; ~ cinetică 329, 546; ~ mecanică 547; transformarea ~ mecanice în căldură 547.
Engleză (limba) 57, 181, 362, 460, 491, 504.
Enhydră 125.
Entomologie 678-9. V. Insecte.
Eolipilă 212.
Epicicloidă 41.
Epicicluri 67, 74, 77, 80, 299-300, 308.
Epicureism 323.
Epidemii, epidemiologie 164-5, 171, 404-5, 661, 665, 773.
Epigeneză 218, 389-90, 611, 614, 617-9, 621. V. și Sămînță (teoria dublei ~).
Epistemologie 71, 212, 417.
Epură 220.
Equanți 73-4.
Ereditate 612, 681; ~ particulară 682.
Erori 301, 379, 518; teoria ~ 481-2.
Eroziune 119-20, 432, 707, 709.
Erpetologie. V. Reptile.
Erudiție 19, 161, 184, 208-9, 213, 223.
Erupții. V. Vulcani.
Esențe aromatice 136.
Estetică 176, 248.
Etaloane 496.
Eter, (fizică) 288-9, 292, 295, 324-6, 328-31, 334-40, 537, 559-60; ~ animal 633; ~ vibrant 328-31, 334-6, 342, 532-3.
Eter acetic și ~ formic (chimie) 600.
Eternitatea universului 117-8.
Eterogenie 176.
Etilenă 600.
Etimologie 124, 148.
Etnografie 764; ~ comparată 711.
Etologie 678-9.
Euler (formula lui ~) 485.
Evoluție, ~ a metalelor 129, 362; ~ a universului 428.
Evoluționism 433, 699, 709.
Exalații 117, 119, 126-7.

Examen clinic 157, 163.
Excentrice 67, 80, 300. V. și Deferente.
Excentricitate 300-2; ~ a orbitei terestre 512.
Excitabilitate 635-6.
Excreții 653, 656.
Exhaustivă (metoda ~) 241, 243.
Existență (condiții de ~) 468.
Expediții științifice 173, 175, 180, 189-91, 209, 422-4, 460, 515-9, 673-4, 694-8, 703, 761-4, 766-7, 774. V. și Călătorii.
Experiență (utilizarea ~) 97, 172, 206, 210, 218-9, 223, 264, 276-9, 281-3, 285, 287, 291-2, 302, 322, 401, 413, 415, 434, 451, 497-9, 512, 530, 552-3, 555, 557, 560-1, 566, 614-5, 624, 627-9, 634, 636, 649, 654, 663.
Experimentală (metoda ~) 118, 141, 201, 346, 362, 396, 401, 413, 417-8, 449, 457, 491, 500, 542, 556.
Experimentare 141, 157, 204, 206, 208, 282, 285, 287, 362, 396, 622, 647-8.
Exponenți, ~ complecși 475; ~ fracționari 60; ~ negativi 31, 45, 52, 55; ~ nul 31, 52, 55; operații cu ~ 31.
Exponențială (notație ~) 31, 55, 59-60, 229.
Extindere, extrapolare 219-21.
Extremum-uri 238, 258, 462, 468-9.

Factor integrant 467.
Facule 309.
Facultăți 388-90.
Falsă poziție (regula ~) 30-1.
Falsificare 133.
Familii naturale 178, 419-20, 602, 685-6.
Farduri 130.
Farmaciști, spițeri 165, 167, 188, 399-400, 453, 573.
Farmacologie 404, 409-10, 669-70.
Farmacopee 19, 166, 187-8, 367, 399-400, 422, 452-3, 735. V. și Droguri, Medicamente; ~ vegetală. V. Plante medicinale.
Farmece. V. Vrăji.
Fascicule de drepte și de conice 235, 488.
Faună 406, 603, 674, 677-80, 765, 769-70; ~ fosilă 699, 708-11.
Fără sînge, nevertebrate ~ 18, 176, 375, 377.
Febră, febre 164, 403-4, 652-6, 661, 763, 766; ~ galbenă 661, 663-4, 773; ~ tifoidă 661.
Fecundare 614-5, 689-91; V. și Generare, Reproducere; ~ artificială 187, 690.
Fecunditate 603.
Feldspat 712-3.
Felii (ipoteza ~) 497.
Fenomen (noțiunea de ~) 211-2, 214-5, 219, 222-3, 262, 291-3.
Fenomenistă (teorie ~) 71.
Ferigă 187, 688.
Fermat, teoremele lui ~ 233, 478; mica teoremă a lui ~ 233, 478.
Ferment, fermenți 627, 646.
Fermentare 129-30, 362-3, 393-4, 396, 400, 576, 578, 594, 623, 625, 633.
Fiare. V. Animale; sufletul ~ 393-4.
Fibre, ~ musculare 401, 632-6, 639, 643, 652-4, 656-7; ~ nervoase 393, 641.
Ficat 153-4, 392, 398, 627, 646, 649.
Fier 126, 133-4, 139, 141-2, 349, 355, 574, 579, 653; oxizi de ~ 133; săruri ale ~ 368, 574; sulfat de ~ 135, 366, 574.
Fierbere (punct de ~) 544.
Fiere 627.
Figură, figuri 35, 270, 273, 281, 372.
Ființă (noțiunea de ~) 211.
Filoane 125, 127, 141, 429, 704.
Filologie 18, 148, 150.
Filozofie 48, 54-6, 68-9, 78, 81, 89, 101, 106, 136-7, 206, 210-4, 220-1, 271, 283, 307, 323, 327, 364, 397, 413, 427, 449, 459, 467, 491, 493, 591, 623, 649, 652, 681, 683, 740; ~ a materiei 131, 137, 140; ~ biologică 684; ~ matematică a naturii 93, 104, 106, 107-10; ~ naturală 223, 526, 530; ~ zoologică 603.
Filtru 646.
Finalism 158, 176, 221-2, 387, 393, 624, 635, 681.
Finanțe 58.
Finitism 24, 109.
Fir (statică) 98, 113, 494, 500.
Fitognomonică 187.
Fixativi de culoare. V. Mordanți.
Fixism 119, 419, 428, 604-6, 621, 681.
Fizică 21, 24, 61, 81, 85, 106, 128, 201, 206, 219-23, 269, 282-3, 288, 298, 354, 387, 396, 401-2, 427, 433, 455, 496, 525-6, 541, 576, 580, 591, 622, 647, 683, 770. V. și Optică, Electricitate, Magnetism, Căldură; ~ a lui Aristotel 66, 76, 84, 93, 96, 107-9, 263; ~ cantitativă 196, 211, 217; ~ cerească 85, 92, 215-6; ~ corpusculară 288; ~ experimentală 292, 449-50, 526, 544; ~ matematică 261, 267, 288, 292, 464, 468, 471, 525, 550, 633, 771; ~ mecanicistă 212; ~ newtoniană 459; ~ terestră 85, 215-6.
Fizico-matematice (probleme ~) 260, 267, 346, 552. V. și Fizică matematică.
Fiziognomonie 163, 664.

Fiziologie, ~ comparată 626, 628; ~ mecanicistă 203. V. și Biomecanică, Mecanicism; ~ umană și animală 15, 35, 146-7, 149, 156-8, 223, 387-99, 450, 550, 622-48, 679; ~ vegetală 15, 186, 201, 413-5, 418-9, 450, 681, 689-93.
Fiziopatologie 402.
Fîntîni 122, 145, 430.
Flamandă (limba ~) 58-9, 61, 110.
Flegmă 143.
Flint-glass 507, 528.
Floare, flori (botanică) 182-4, 186, 413, 418-20, 601, 684, 690, 770; ~ (chimie) 126, 368.
Flogistic 136-7, 142, 364, 370-3, 546, 578-9, 582-90, 593-4, 599.
Floră 186, 188, 406, 421-4, 688, 762-4, 767, 769, 771-2; ~ exotică 422-4, 695-8, 762-4, 767, 772; ~ fosilă 710.
Fluente 250-1, 260.
Fluid(e) 290-1, 293, 295, 324, 336, 496-8, 547-8, 552. V. și Hidrodinamică, Hidrostatică; ~ electric 554, 559, 564, 777-8; ~ magnetic 356, 564, 570; ~ nervos 401, 633-5, 637-8, 643-5, 652, 654, 662; teoria celor 2 ~ 555-6, 559, 561, 563-4, 569, 777-8; ~ unic 563-4, 569-70.
Fluiditate 283, 428.
Fluorescență 533.
Fluturi 380, 384, 672, 679.
Fluxiuni. V. Calculul fluxiunilor.
Foamete 127.
Foc 125, 127, 137, 143, 262, 284, 322, 325, 362, 369-70, 414, 429, 432, 454, 540, 546-9, 559, 576-7, 579, 584, 588-9, 626, 742; ~ central 118-9, 122, 432, 703, 708; ~ electric 561; ~ grecesc 135; industrii ale ~ 130; materia ~ 546-9. V. și Caloric, Materialitatea focului; ~ subteran 118-20, 123, 429, 432; ~ vital 626; ~ vizual 323, 337.
Focă 376.
Foraminifere 427, 430, 700.
Forceps 409, 669.
Formalism 482.
Formă, forme 101; ~ substanțiale 221, 273, 282.
Formule, ~ algebrice 62; ~ matematice 218.
Fortificații 35, 42, 58, 61.
Forță, forțe 98, 108, 220-3, 289-90, 296, 493, 496, 500-1. V. și Motor; ~ centrală 290, 315-6, 495; ~ centrifugă 216, 221, 284, 286-7, 295, 315, 429, 517; ~ centripetă 289, 315, 517; ~ coercitivă 570; ~ de afinitate 596, 598, 600; ~ de iritabilitate 636-7; ~ de repaus 220; ~ electrică 565; ~ magnetică 215, 315, 353, 356-7, 556; ~ statică 271, 296, 493; ~ vegetativă 620; ~ vii 203, 220, 223, 286, 296, 499, 501-2; ~ vitală 635, 658.
Fosfor 575, 581.
Fosforescență 528-9.
Fosile 118, 121-2, 209, 427-8, 430-2, 434, 699-700, 705-8, 715.
Fossilia 125.
Fotometrie 528-9.
Fracturi 169, 667.
Fracții 33; ~ continue 247, 478; ~ periodice 247; ~ raționale 464, 475; ~ sexagezimale 59, 247; ~ zecimale 26, 59, 226, 247, 760.
Franceză (limba ~) 38, 61, 110, 127, 161, 181, 233, 362, 367, 459-60, 466, 492, 504.
Frecare 99, 499, 546-7, 553, 561, 567.
Frecvență, ~ a luminii 328, 339, 342; ~ a sunetului 538-9.
Frenologie 665.
Frig (calitatea de ~) 127, 137, 143, 162, 540-1.
Friguri, V. Malarie.
Fruct 182-3, 186, 190, 418-9, 687.
Frunză 412, 415, 418, 687, 691-2.
Fulger 563.
Funcții (biologie), ~ ale plantelor 412-3; ~ vitale 186, 623, 624, 627, 629.
Funcții (matematică) 236, 258, 466, 468-9, 475-7; ~ algebrice 238, 469; ~ arbitrare 468, 470, 536; ~ de variabilă complexă 470; ~ de variabilă reală 470; ~ eliptice 249; ~ exponențiale 466, 475-6; ~ generatoare 482; ~ hiperbolice 477; ~ logaritmice 466, 475-6; ~ sferice 468; ~ simetrice 473; ~ transcendente 469; ~ trigonometrice 80, 471, 475-7.
Fuzibilitate 713.

Galenism 146-7, 149-51, 153, 155-8, 161, 399, 402, 652.
Galvanism 663.
Gama (funcția ~) 467.
Gamă 454.
Gamopetale 420.
Gangrenă 166, 169, 667.
Garanță 134.
„Gas" 363-4, 366, 576.
Gasteropode 378, 381, 385.
Gauss (legea lui ~) 481.
Gay-Lussac (legea lui ~) 546.
Gaze (studiul fizic și chimic al ~) 362, 373, 454, 538, 545-6, 567, 572, 575-86,

622, 624; ~ perfecte 546; teoria cinetică a ~ 324-6, 339, 546-7.
Geme 125-6, 168.
Gen 178, 181, 185, 420, 686.
Generare (naștere) 41, 117, 177, 201, 213, 294, 450, 610-20; ~ a animalelor 177, 389-90; ~ a metalelor. V. Metalogenie; ~ a mineralelor 429; ~ sexuată 177; ~ spontanee. V. Generație spontanee; ~ a vegetalelor 413-4, 619, 689-91.
Generație spontanee 176-7, 218, 402, 412, 414, 619, 621, 682.
Genetică 689-90, 771; criteriu genetic 176-7.
Genitale (organe ~) 155, 398, 602, 649.
Geocentrism 66, 73-5, 79, 81, 215. V. și Ptolemeu (sistemul lui ~).
Geodezice 462, 488.
Geodezie 298, 517-9, 523, 674.
Geognozie 704.
Geografie 35, 39, 124, 156, 298, 432, 503, 676, 735, 739-40, 744, 746, 764-5, 767; ~ botanică 421-4; ~ zoologică 603, 676.
Geologie 35, 120, 216, 218, 427-37.
Geometrie 24, 31-2, 34-6, 38, 40, 42, 46, 53-4, 56, 58-9, 97, 101, 110, 220, 228, 231-2, 234, 240, 260, 465, 482-90, 633, 735, 760; ~ a indivizibilelor. V. Indivizibile; ~ analitică 60, 203, 231-2, 235, 237, 250, 255, 469, 482, 486-8; ~ descriptivă 41, 484-5; ~ infinitezimală 462, 464, 467-8, 482, 484, 488-90; ~ infinitezimală directă 253; ~ ne-euclidiană 483; ~ practică 30, 54, 57; ~ proiectivă 201, 234-5, 484-5; ~ sferică 483.
Geometrism 219-20.
Geotropism 415.
Geriatrie 165.
Germană (limba ~) 54, 69, 78, 161, 371, 466, 761.
Germeni, teoria ~ 602, 610-2, 617-21; ~ patogeni 650.
Ghicit 162-3.
Ghiulele 101-4.
Ginecologie 409, 743; V. și Obstetrică.
Gips 125, 573.
Girafă 173, 179, 376.
Gîndire științifică 15, 21, 24, 77, 97, 531.
Gîscă gulerată 177.
Glandă, glande 398, 645-7, 649, 657-8; ~ pineală 393, 395.
Glicerină 600.
Glob ceresc. V. Cer(uri).
Globule roșii 384.
Glosar 182.
Glosoptere 125, 434.
Gnomonică 53-4.
Goldbach (teorema lui ~) 479.
Grafice (tehnici ~) 484. V. și Desen, Geometrie descriptivă, Perspectivă.
Gramatică 62.
Granit 679, 705.
Gravitate, gravitație 76, 84, 94, 96-7, 221-2, 262-6, 269, 273, 286, 291-5, 314-5, 415, 517. V. și Greutate.
Gravitație universală 291-3, 314-6, 335, 346, 354, 356, 504-5, 515, 518, 565, 592.
Gravuri 152, 178-9, 672; ~ pe lemn 178, 181, 185, 189. V. și Iconografie.
Grădini 424-6, 451, 457, 696; ~ botanice 18, 184, 188-9, 209, 417, 425-6, 452, 694, 762-3, 765-6, 774; ~ zoologice 172-3, 765.
Greacă (limba ~) 35, 38, 64, 69, 148, 160-1, 175, 181, 191, 233.
Gresie 125.
Greutate 96, 102, 219-20, 244, 266, 268, 271, 275, 280-1, 284-5, 294-5, 314-5, 344, 350, 356, 372, 496, 499, 504, 575, 589; ~ aparentă 112; ~ relativă 108; ~ specifică 107, 109; ~ și ușurință relative 108; variația ~ 218, 291, 517.
Grindă, grinzi 267.
Gripă 661.
Groaza de vid. V. Oroare de vid.
Grote 130.
Grupuri (teoria ~) 473.
Guaiac 166, 762.
Gușă 116, 661.
Gută 405, 661.

Halleriană (teoria ~) 655, 657.
Halo 66.
Halogeni 590.
Hartă, ~ a Franței 519; ~ astronomică. V. Cer (harta ~); ~ geologică 431, 703, 705-8, 763.
Hazard V. Probabilități.
Heliocentrism 66, 70, 73-5, 77-8, 146, 203, 214-5. V. Copernicanism.
Hemastatică, hemadinamică 631.
Hematită 133.
Hemostază 169.
Hepatice 421.
Heptagon 36.
Herbarium. V. Ierbare.
Hernie 169, 408, 667.
Hexagonul lui Pascal 234, 485.
Hibridizare 603, 605, 612, 615, 682, 690, 770.
Hidra de apă dulce 616, 678.

Hidraulică 390, 455, 496-7, 499, 630-1, 652, 735.
Hidrodinamică 262, 268, 336, 357, 449, 497-8, 502, 631.
Hidrogen 579, 586, 589-90, 625-6.
Hidrografie, hidrografi 14, 51, 429-30, 739, 766, 768.
Hidrologie 118, 669.
Hidrometru 394.
Hidrostatică 107, 110, 113-5, 120-1, 267, 280-2, 284, 496-7.
Higrometru 401.
Hinduism 748.
Hiperbolă, hiperbole 40, 471; aria ~ 247; ~ generale (ariile ~ ~) 243-5; ~ lui Apollonios 246.
Hiperboloid de revoluție 487.
Hipnotism 663.
Hipocratism 161-3, 402-3, 635, 653, 655, 659.
Hipsometru 543.
Histologie 398, 416-7, 647, 658.
Holeră 164.
Homeomerii 323.
Homeopatie 658-9, 669.
Horoscoape 300, 750.
Horticultură 189, 424-5, 694.

Iatrochimie 140, 158, 162, 167-8, 203, 399-400, 622, 627, 651.
Iatromatematică 401, 629, 633.
Iatromecanică 203, 389, 395, 401-2, 622, 627, 629, 646-7, 651, 656-7.
Iatronewtonianism 633-4.
Iconografie, ~ anatomică 148-9, 151-4; ~ botanică 181-3, 185-6, 189, 421, 425, 694, 697, 764; ~ paleontologică 701; ~ științifică 762, 765; ~ zoologică 178-80, 382-3, 672, 678-80, 769-70.
Ierbare 181, 189-90, 420-1, 423, 695-7, 764.
Ierborizare 184, 186, 419-20.
Ierburi, plante ierbacee 184, 412, 418, 420.
Igienă 165-6, 173, 405-6, 419, 421, 423, 625, 652, 695-7.
Ihtiologie 175, 679. V. Pești.
Iluminat 453.
Ilustrații. V. Iconografie.
Iluzie 354.
Imaginare. V. Numere; logaritmi ai numerelor ~ 475-6; rădăcini ~ 229-31, 472, 739.
Imobilitatea cerurilor. V. Cer(uri).
Impenetrabilitate 492.
Impetus 68, 84, 86, 93-4, 96-100, 104-8; ~ circular 108; ~ compus 94, 96, 99.
Imprimerie 11, 13-4, 17, 23, 27, 90-1, 152, 159-60, 181, 411, 759, 765-6.
Impuls 429, 492.
Inalternabilitate 142, 213.
Incomensurabile. V. Numere iraționale.
Incoruptibilitate 143, 214-5.
Incunabule 159.
Independență, ~ a efectelor forțelor 269; ~ a mișcărilor 264-5.
Indice 160, 162; boala ~ 661.
Indicator colorat 368.
Indigo 134.
Indiscernabile 217.
Individualism 15-7, 19.
Indivizibile 24, 217, 241-5, 249, 253, 259-60, 287.
Indivizibilitate 25, 217.
Inducție 291, 552; ~ electrostatică 553; ~ incompletă 243, 246; ~ matematică 53, 237.
Industrie 205, 455, 457; ~ chimică 129-36, 138-9.
Inel, ~ al lui Gravesande 544; ~ al lui Newton 332-3.
Inerție 289, 316; principiul ~ 97, 100, 220, 264-6, 269, 273, 282, 285, 289-90, 301, 315, 336.
Infern 117.
Infinit, infinit mic, procedee infinitezimale. V. Calcul infinitezimal.
Infinitatea spațiului 77, 293, 315.
Infirmerii 164.
Influență, ~ electrică 554-5, 564; ~ magnetică 349, 564; ~ științifică 733, 748-51.
Infuzorii 384, 618-9, 677.
Ingineri 14, 19, 35-6.
Inimă 154-5, 157, 162, 376, 390-1, 393, 398, 602, 625, 630-2, 637, 641, 644, 646, 649, 652, 657.
Injecție, ~ anatomică 150; ~ intravenoasă 410; ~ vasculară 646.
Inoculare 481, 661-2, 762, 773.
Insecte 375, 378-81, 383-5, 618, 675, 677-80, 690-1.
Inserarea mediilor geometrice 37, 226.
Instabilitate 648.
Instrumente, ~ chirurgicale 169; ~ de observație astronomică 27, 88-9, 298, 310-2, 503, 505-7, 734, 737, 750; ~ muzicale 455; ~ optice 318, 527; ~ științifice 384, 395-6, 525, 774-5.
Integrabilitate 467.

Integrală 249, 259-60; ~ definită 243, 353; ~ eliptică 471; transformarea ~ 249.
Integrare 243-5, 249, 255-6, 259-60; ~ geometrică 489.
Intelectualism 16, 387.
Inteligibilitate 295, 297, 327, 396.
Intensitatea sunetului 538.
Interferență 322, 336, 538.
Intestin 398, 614, 637.
Intuiție 19, 25, 36, 217, 648.
Invariabilitatea axelor mari 514.
Invariant 296.
Inventar, ~ faunistic 173-6. V. și Faună; ~ floristic 173-4, 182-3, 185-6, 421-4, 688, 693-8. V. și Floră.
Involuție 235.
Ipeca(cuana) 167, 406, 410, 423.
Ipoteze 79-80, 291-2, 301; ~ simplificatoare 302.
Iraționale. V. Numere iraționale.
Iraționalism 20, 140.
Iraționalitate 476; ~ a lui e 476; ~ a lui π 476.
Ireductibil (cazul ~ al ecuației de gradul al 3-lea) 49, 51-2.
Iritabilitate 415, 631, 636-42, 646-7, 653-4.
Istorie 148, 753-8; ~ a matematicii 56; ~ naturală 16, 211, 381, 406, 757, 767.
Italiană (limba ~) 38, 161, 181, 205, 233.
Izocronă (curbă ~) 462.
Izocronism 248-50, 266, 286-7.
Izolanți 554.
Izolarea savantului 204-5.
Izomorfism 228, 282.
Izopatie 659.
Izoperimetre 462, 468.

Împărțire 28-9, 60-1; ~ a arcelor 226.
Înălțime a sunetelor 538-9.
Înălțimi (măsurarea ~) 506.
Încetinirea mișcării terestre 513. V. Perturbație.
Închisori 665.
Înclinare, înclinări, ~ ale orbitelor planetare 482; ~ magnetică 347-51; probleme de ~ 228.
Înfășurătoare 259; ~ dreptelor 488; ~ a suprafețelor 489; ~ a unei familii de curbe 462.
Îngeri 18, 159.
Înghețare. V. Congelare.
Înluminări 133.
Înmulțire 28-9, 33, 51, 60-1; ~ a arcelor 226.
Însămînțare (inseminare) artificială 615, 691.
Întindere 219, 269, 273, 282, 288, 296, 323, 326, 492.
Învățămînt 14, 35, 38-9, 48, 55, 57-8, 69, 140, 144-5, 147, 149-50, 152-3, 155, 160-1, 163, 169-70, 182, 188, 205-6, 248, 283, 299, 302, 313, 368 399, 403-4, 407, 411, 456-60, 465-6, 482-4, 489-91, 550, 623, 659, 666-8, 673, 733-4, 759-60, 765, 774-5.
Înviere 616.

Japoneză (limba ~) 744.
Jet, ~ de apă 99; teoria ~ 96, 99, 108.
Jocuri, ~ ale naturii 118, 121-2; teoria ~ 479, 481.
Joja, jojaj. V. Măsurarea capacităților.
Jupiter 73, 87, 126, 299, 305, 309, 513; benzile de pe ~ 309; sateliții lui ~ 298, 303-6, 308, 310, 313, 318, 327, 774; ~ eclipsele sateliților lui ~ 313; tabele ale mișcărilor sateliților lui ~ 305.
Juridice (probleme ~) 305, 482.
Jurnalism științific 411.

Kant-Laplace (ipoteza lui ~) 514.
Kepler (legile lui ~) 203, 210, 293, 295, 298, 302-4, 307-9, 316, 434, 511, 514.

Laboratoare 89, 118, 209, 211-2, 223, 367, 454-5, 677, 735, 775.
Lagrange, ecuațiile lui ~ 501-2 (mecanică); 513 (mecanică celestă); multiplicatorii lui ~ 500; variabilele lui ~ 502.
Lamarckism 609.
Lamelibranhiate 378, 381.
Lame subțiri 322, 329, 332-3.

Lapidarii medicale 124, 168.
Lapislazuli 133.
Laplace, ecuația și funcțiile lui ~ 471; ipoteza i ~ 514.
Laringe 155.
Laticifere 416, 689.
Latină (limba ~) 35, 38, 41-2, 58, 61, 131, 148, 151, 159-61, 175, 181, 190-1, 205, 209, 233, 251, 367, 370, 388, 425, 491, 566.
Latitudine, latitudini, ~ diforme 95; determinarea ~ 351, 357.
Lave 715.
Lănțișor (problema ~) 462-3.
Legende 124, 179.
Legi 223, 262. V. și Boyle-Mariotte, Coulomb, Kepler, etc.
Leibnizian (calcul ~) 459, 463-4.
Lemn 134, 417, 431, 692, 772; ~-fosilă 416, 427, 431, 435.
Lemniscată 471, 485.
Lemnoase (plante ~) 184.
Lentile de sticlă 318-21, 342; ~ hiperbolice 319; șlefuirea ~ 310, 319.
Lepră 164-5, 405.
Leprozerii 405.
Lexicografie 174-5.
Liberalism 455.
Licență 170-1.
Licheni 689.
Lichid(e) 651, 654; ~ cefalo-rahidian 151.
Licorn 167-8, 174.
Ligatură vasculară 169, 408.
Liliac (zoologie) 177, 376, 380, 675.
Limbaj 131, 135-7, 262; ~ matematic 209-10; ~ pozitiv 223; ~ științific 205, 388.
Limfă, rețea limfatică 392, 649, 652.
Limită 217, 243, 465; teoria ~ 465, 470.
Linie 25; ~ de forță 353; ~ matematică 218.
Lipitori 381, 656.
Literatură chimică 138, 142, 144.
Litologie 713.
Litotomie, calculoză 169, 408, 668.
Loc 289; ~ a 3 sau 4 drepte 232; ~ geometric 231; ~ natural 63, 75, 84, 109, 215-6, 264.
Locomoție 632, 638, 641.
Logaritmi 235-7, 244-6, 302, 735, 737, 745; ~ ai numerelor negative 475; funcție (sau curbă) logaritmică 246, 256; ~ neperieni 236, 737; tabele de ~ 40, 59, 236-7, 735; ~ zecimali 236-7.
Logică, logicieni 15, 17, 19, 56, 62, 80, 95-6, 108, 242, 555.
Logistică specioasă 62, 228, 231, 237.
Longevitate 166.
Longitudini 298, 455, 523; determinarea ~ 44, 298, 305, 313, 351, 357, 521.
Loxodromie 58, 462.
Lucruri virtuale (principiul, ~ fizică) 271-80.
Lume 220, 222. V. Univers, Cosmos, Cosmogonie; centrul ~ 214; ~ -epură 220, 223; ~ închisă a lui Aristotel 63, 68, 76, 78, 83, 117; ~ plină a lui Descartes 203, 217-9, 269, 293, 532; ~ sublunară 18, 63, 88, 117; viziune a ~ 17.
Lumină 73, 77, 223, 270, 294, 322-43, 356, 372, 415, 429, 529-34, 548, 552, 622, 735; ~ barometrică 553; ~ cenușie a Lunii 66; propagarea instantanee a ~ 325-7, 330; propagarea rectilinie a ~ 321, 328, 334, 336, 531-2, 537; viteza ~ 270, 313, 322, 325, 327-8, 330, 332, 529, 533-4.
Lună 66-7, 70, 74, 76, 79, 83, 88, 91, 126, 162, 263, 268, 291, 295, 303, 504, 509, 522-3; atmosfera pe ~ 303; eclipsele de ~ 306; ecuația anuală a ~ 91; harta ~ 308; librația 306, 308; munții de pe ~ 215, 303; inegalitatea seculară 512; revoluția liniei nodurilor 509; tabele ale ~ 313, 512, 521-3 (efemeride); variația ~ 91.
Lunetă 319-20; ~ astronomică 201, 225, 298, 303-5, 308, 311, 313, 316, 318-9, 506, 774; ~ meridiană 520.
Lungime de undă 329.
Lunulele lui Hipocrat 37, 42.
Lup 172.
Luxații 667.

Maclaurin (seria lui ~) 464.
Maeștri ai calculului 26. V. și *Rechenmeister*.
Magdalenian 130.
Magie, magicieni 48, 118, 173, 345, 347, 353, 407.

Magister 368.
Magnetice (forțe ~) 79.
Magnetism 127, 201, 203, 214, 221, 288, 344-58, 372, 450, 525-6, 529, 552, 556-71, 663, 669, 777; ~ terestru 212, 314, 348-52 355.
Magnetometru 556.
Magnezie. V. Magneziu.
Magneziu 410, 573-4, 592; carbonat de ~ 573; oxid de ~ 130; sulfat de ~ 410.
Maimuță 153-4, 383, 603.
Malarie 404, 661.
Malpighi (tuburile lui ~) 384.
Mamifere 179, 376-7, 381, 383, 675, 679, 707, 770.
Mangan 600; oxid de ~ 130, 582, 599.
Manipularea fenomenelor 212-3.
Manometru 280.
Manuale, tratate 23-6, 28-9, 33, 38, 42-5, 47, 49-51, 97, 118, 129, 131, 136, 138, 148-9, 150-3, 205, 367, 375, 407, 460, 463, 465-6, 470, 482-4, 488, 491, 514, 526, 549, 557, 602, 623, 650, 680, 683, 692-3, 750-1, 759, 761-2, 773.
Manuscrise 14, 23, 27, 30, 43-4, 51, 71, 97, 104, 133, 138, 153, 156, 160, 485, 679, 762, 766, 768, 774.
Maree 268, 275, 291, 432, 513, 518, 739.
Marmita lui Papin 551.
Marnă 127, 145.
Marsupiale 679.
Marte 72, 90-1, 126, 162, 299-302, 515-6, 523; distanța lui ~ 515; opozițiile lui ~ 90, 515-6; paralaxa lui ~ 515; petele de pe ~ 309; rotația lui ~ 313; strălucirea lui ~ 73.
Masă 203, 219-20, 285, 289, 493, 501, 534.
Mașină, mașini 14, 36, 98, 253, 271, 393-4, 413, 457, 499; ~ animală 625, 632; ~ aritmetică 253; ~ electrostatice 552-3, 557; ~ hidraulice 630, 738; ~ lui Papin 627. V. Marmită; ~ pneumatice 279, 365, 537, 553, 576; ~ simple 98, 110, 567; ~ termice, cu foc, cu aburi 455, 547, 549-51, 632.
Mașinism 395-6.
Matematică, matematici 14, 19, 21-62, 64, 68-9, 73-5, 78, 80, 83, 93, 106, 108-10, 201, 210, 217, 223, 225-61, 427-8, 433, 449, 455, 459-90, 491, 525-6, 536-7, 552, 633, 646, 733, 735-6, 738, 740-2, 745, 750, 759, 771; ~ aplicate sau practice 23, 28-9, 38, 55, 61, 234; ~ militară 57.
Matematicieni 20, 72, 91, 412, 460-1.
Matematizare 209-12, 264, 267, 272, 284, 292, 297, 351-3, 357, 449, 502-3, 525, 539.
Materialitatea focului 546-7.
Materialism 287-8, 638, 649, 682, 690.
Materie 101, 136-7, 142-5, 220, 269, 273-4, 282-3, 288-9, 291, 295, 324-6, 328-9, 330-1, 336-7, 361-3, 369-70, 387, 389, 429, 563, 579, 591-4, 596, 622; teorii asupra ~. V. Elemente, Atomism, Afinități; ~ electrică 561-3; ~ focului 432, 546-9, 559, 576-7, 588-9; ~ medicală 406, 415, 693, 751; ~ subtilă 217, 220, 270, 272, 277, 282-3, 326-8, 331, 339-40, 355, 359, 561.
Maternități 669.
Maxim 24.
Măduva spinării 151, 155, 640, 642-4.
Măgar 376, 602, 607.
Mări 119, 122, 429, 704.
Măsurare! 40, 42, 94-5, 357; ~ a capacităților 42.
Măsurătoare, măsurători 34, 60, 94-5, 211, 279, 298, 311-3, 357, 395-6, 481, 549-50. V. și Astronomie, Calorimetrie, Optică, Pulsometru, Timp, Termometru.
Mătase 173.
Mecanică 19, 21, 27, 35, 52-3, 61, 93, 97-8, 100, 203, 220, 223, 225, 262-73, 276-97, 315-6, 321, 337, 402, 427-8, 449, 461-2, 464-5, 468, 491-502, 525, 540-1, 547, 587, 624, 627-8, 632-4, 777; ~ analitică 469, 500-2; ~ a fluidelor 496-8, 570; ~ a punctului 493; ~ a solidului 495, 570; ~ cerească 77, 79, 201, 215-6, 290-1, 315, 335, 449, 461, 502-3, 523, 529, 570; ~ rațională 493-6, 536, 648.
Mecanici 217-8, 232.
Mecanicism 203, 207, 216-7, 219, 222, 270-1, 275, 281, 287-8, 295, 327, 355, 357, 360, 366, 369, 371, 390, 394-5, 401, 415, 432, 546-9, 552-3, 559-60, 570, 623, 625-7, 632-3, 635, 638, 642-4, 647, 656-7, 682.
Mediație 26, 33.
Medicamente 140-1, 144, 166-8, 367-8, 392, 409-10, 658, 669-70, 762. V. și Droguri, Farmacopee; ~ chimice 390, 399-400.
Medici 14, 169-71, 174, 427.
Medicină 17, 48, 53, 67, 69, 83, 94, 118, 128, 140-3, 146, 152, 156-7, 159-71, 173, 201, 361, 364-8, 375, 387, 393, 397-411, 453, 455, 481, 540-1, 623, 649-71, 739, 741-4, 748, 751, 759, 761-2, 773, 775; ~ a muncii 665; ~ exotică 164, 406, 663-4; ~ experimentală 158; ~ filologică

160; ~ galenică. V. Galenism; ~ legală 406-7, 665; ~ militară 405; ~ navală 164-5, 171; ~ spagirică 168; ~ tropicală 164.
Mediu 219, 375, 606, 619, 709.
Membrană 649-50.
Membre 177.
Menajerii 172, 603, 673.
Menisc cartilaginos 151.
Menstre 593.
Mentalitate. V. Spirit.
Mercur (chimie) 126, 130, 132, 134-6, 167-8, 277, 410, 543, 669, 760; cuvă cu ~ 579; oxizi de ~ 132, 575, 581-2; sulfuri de ~ 132.
Mercur (astronomie) 73, 126, 299, 309; trecerile lui ~ 309, 774.
Mercur (principiu prim) 123, 132, 135-6, 143, 158, 162.
Meridian 353; cerc ~ 507; instrument ~ 505-7, 520; ~ magnetic 348; măsurarea arcurilor de ~ 218, 312, 517-9, 735, 763; măsurători de meridiane 312.
Mesmerism 663.
Metabolism 674, 773.
Metafizică 212-4, 221-3, 282, 288, 292, 296-7, 370, 372, 393, 395, 432, 470, 491-2, 497, 502, 560, 562, 636, 639, 647.
Metale 126-7, 131, 134-6, 139-43, 361-4, 367, 371-3, 436, 550, 572-4, 584, 591-2, 597, 624, 742; generarea ~. V. Metalogenie; ~ prețioase 117; ~ semi- ~ 135.
Metalogenie 126-7, 139, 429.
Metaloizi 572, 585.
Metaloterapie 168.
Metalurgie, industrie metalurgică 127, 130, 134, 138-9, 142, 744, 760, 766.
Metamatematică 24.
Metamorfoze 375, 679.
Metan 600.
Meteoriți 703.
Meteorologie 95, 117, 541-6, 765.
Metodă științifică 201-3, 222-3, 262, 281, 297, 556.
Metrologie zecimală 59.
Microbi 218, 385, 402-3.
Microcosm și macrocosm 162, 742.
Micrografie 319, 416, 619.
Micrometru 305-6, 310-1, 506.
Microobiecte 323.
Microscop 201, 204, 218-9, 318-20, 383-6, 396-8, 413, 415-6, 418, 427, 430, 527, 613, 619, 631, 672, 714-5, 745; ~ compus 320, 383, 415; ~ simplu 319, 383, 415.
Microscopie 384, 396, 619.
Mine, mineri 117-8, 127-8, 133, 138-41, 209, 355, 755, 760.
Minerale 120, 190, 427, 429, 433-4, 760; clasificarea ~ 712-3.
Mineralogie 117-8, 123-6, 140-1, 427, 433-4, 699, 712-5, 746, 761.
Minereuri 130, 132-3, 138-9. V. și la numele metalului.
Miniaturi 133.
Minim 24.
Miniu 132, 581.
Minuni 376.
Miocen 710.
Miologie 398, 632, 649. V. Mușchi.
Miriapode 380.
Mirodenii 453, 753.
Miros 373.
Misionari 164, 174.
Mister 162.
Mistică, misticism 15-6, 20, 129, 140, 144, 158, 162, 208, 213; mistica numerelor 45.
Mișcare (teoria ~) 64, 93, 95-6, 99-110, 127, 213-4, 219-21, 223, 236, 263-4, 269-70, 272-3, 281, 283-90, 293-6, 323, 328, 372, 389, 401, 429-30, 464, 493-4, 652; ~ absolută 289; ~ a fluidelor 497-8, 502; ~ animală 632-42; ~ aparentă 289; ~ a sîngelui 154, 157-8, 294, 390-2; ~ a solidelor 495; ~ automată 393, 639-40; ~ a vegetalelor 201, 415, 691-2; ~ circulară 215, 287, 290, 301, 315, 504; ~ circular-uniformă 37, 72-4, 76-7, 80, 301, 315; ~ compusă 265; ~ curbilinie 99, 103-4; ~ de vibrație. V. Vibrații; ~ eliptică 302, 315; ~ geometrică 499; ~ involuntară 393, 635, 639, 642; ~ în vid 109; ~ locală 221; ~ mixtă 76, 104; ~ naturală 84, 94, 101-6, 109, 269, 352-3; ~ perpetuă 112, 547; ~ rectilinie 99, 287; ~ reflexă 640-4; ~ relativă 289; ~ senzitivă 636; ~ tangențială 702; ~ tonică 635; ~ uniform-accelerată 95, 100, 266; ~ uniformă 64, 95 100, 106, 265-6, 289, 308; ~ uniform-diformă 95-6, 103, 106; ~ violentă 84, 86, 99-106, 108-9, 269, 366; ~ vitală 635; ~ voluntară 393, 641, 644, 657.
Mișcări seismice. V. Cutremure de pămînt.
Mituri, mitologie 211, 376.
Mixte (corpuri ~)366, 369, 592; teorii mixte 342, 532, 546.

Mînăstiri 170.
Moaşe 409, 669.
Mobilier 453.
Mobilism 214.
Mobilitate electrostatică 569.
Modele 97, 212, 217, 266, 275, 282, 295, 345, 497, 499, 623, 630, 646-7, .
Moi (corpuri ~) (mecanică) 101, 285.
Moivre (formula lui ~) 476.
Moleculară (teoria ~ a magnetismului) 570.
Molecule 373; ~ integrante 714; ~ organice 613, 619; ~ seminale 608, 613.
Molibden 600.
Moluşte 378, 381, 383, 385, 678.
Moment 271; ~ de inerţie 495.
Monede 34, 59, 69, 755.
Monocotiledonate 183-4, 416-7, 419, 685.
Monocromatism 341-2.
Monom 60.
Monopetale 420, 685.
Monştri 159, 173-4, 179, 377, 618.
Montgolfiere 526.
Mordanţi 131.
Morfologie 124, 146, 157-8, 163, 174, 413, 417, 675.
Mori 58.
Mortalitate (tabele de ~) 481.
Motilitate 657-8.
Motor, putere motoare 94, 96, 99-100, 105, 107, 269.
Motricitate, virtute motrice 390, 392-3.
Moxa, moxibustiune 406, 744.
Mucozitate nazală 161.
Mulaje 148.
Multiplicare. V. Înmulţire.
Multisecţionarea unghiului 55.
Mumie 167, 410.
Munţi 119-22, 277-8, 294, 429, 433, 702-4, 707-8.
Muşchi (botanică) 416, 422, 686.
Muşchi, miologie, ţesut muscular 150, 152-7, 392, 624, 632-8, 642-3, 645, 654.
Mutaţie 608, 687.
Muzeu, colecţie de istorie naturală 428, 434, 637. V. şi Cabinete.
Muzică 53, 454, 461, 535, 539, 738.
Nakashatra 750.
Narcotice 744, 762.
Narval 174
Naştere. V. Obstetrică.
Natron 126, 135.
Naturalism 149, 152.
Natură 11, 16-20, 118, 124, 127-8, 147, 149, 151, 153, 158, 176, 209-13, 218-20, 222, 293-4, 388, 603, 656, 658; ştiinţele ~. V. Ştiinţele naturale.
Nave (teoria ~) 115, 461, 466, 768.
Navigaţie 21, 290, 298, 313, 348, 357, 455, 503, 512, 521, 743, 757, 766, 768.
Nebuloasă; ~ Orion 306, 308; ~ Balenei 309; ~ din Andromeda 309; acumularea din Hercule 309; ~ primitivă 514.
Necunoscute (matematică) 60.
Negativ(i,e), coordonate 475; exponenţi ~ 30-1, 45, 52, 55; soluţii ~ 32, 46, 49, 61, 229-30; numere ~ 20-31, 45-6, 49-52, 56, 60-1, 475, 739.
Negru 134, 337-9; ~ de fum 134, 371, 589.
Neobservabile 275, 281-2, 496.
Neohipocratism 402-3, 659-60.
Neoplatonism 19, 158.
Neptunism 119, 699, 703-4.
Nerotaţional (caracter ~) 502.
Nervi 151, 154, 156-7, 392, 632-3, 635-45, 647, 650-1, 654, 657; ~ cranieni 398; ~ motori 392, ~ rahidieni 645; ~ senzitivi 392.
Nervism 660.
Neurologie 393, 398.
Neuropsihiatrie 664-5.
Neuropsihologie 393.
Neutralizarea acizilor 366.
Nevertebrate 175, 375, 377-81, 383-6, 626, 678-9.
Nevrax 398, 658.
Nevroze 664.
Newtonianism, newtonieni 222-3, 292-5, 298, 346, 357, 372, 449-50, 459, 463-4, 485, 491-3, 496, 499, 503-5, 518-9, 525, 529-34, 537, 547, 552, 559, 563-4, 566, 568, 633-5, 637, 646-8, 774.
Nichel 574.
Nisip 125.
Nitraţi. V. Azotaţi.
Nitru 126, 364-6, 573, 653; ~ aerian 365-6, 577.
Noduli bacterieni 187.
Nomenclatură 222, 263, 368; ~ binară 178, 185, 601-2, 675-6, 683-4, 706; ~ botanică 185; ~ chimică 587; ~ mineralogică 124-6; ~ zoologică 174-5.
Nominalism 15, 93.
Nonius (diviziunile ~) 57.
Nori (mişcarea ~) 84.
Normale, construcţia ~ 239-40; congruenţa ~ 489.
Nosologie 161, 163, 623, 660-1.

Notație, ~ chimică 595-6; ~ matematică 24, 29-34, 43-4, 45-7, 49, 51-2, 54-5, 57-8, 60, 62, 225, 228-9, 231, 251, 255-7, 260, 467, 469-70, 475-6, 478. V. și Simbolism matematic.
Nova, ~ din anul 1572, 79, 88; ~ din anul 1604, 303.
Nucă galică 134.
Număr, numere 24, 59, 61; ~ complexe 49-52, 61, 473-6; ~ de aur 29, 34; ~ dreptunghiulare 33; ~ figurative 237; ~ imaginare 474; ~ infinite 45; ~ iraționale 30, 45, 57, 59-60, 247; ~ negative. V. Negative (numere ~); pare și impare 30; ~ pătratice 33; ~ perfecte 30, 33; ~ prietene 33; ~ raționale 30, 45; ~ triunghiulare 33.
Numerație, numărare 30.
Numere mari (legea ~) 479, 481.
Numuliți 702, 707-8.
Nutație 508, 510, 513.
Nutritivă (funcție ~) 390.
Nutriție 157, 387-8, 400; ~ minerală 414; ~ vegetală 186, 413-4, 690-2.

Oaie 376.
Oala lui Papin. V. Marmita lui Papin.
Obiectiv 527; ~ acromat 527-8. ~ compus 507.
Obscuritate 341.
Observatoare 209, 313, 503, 759, 765; ~ al Capului (Capetown) 521; ~ din Gottingen 520; ~ din Greenwich 209, 313, 503, 520; ~ din Paris 209, 298, 312-3, 503, 519; ~ din Santa Fé (Bogota) 759; ~ din Uraniborg 89-90, 312; ~ din Yedo 744.
Observație, observații 20, 137, 145, 184, 362, 365; ~ astronomice 27, 66, 69, 87, 90, 98-106, 308-12, 317, 520-2, 734, 765; ~ fine 217-8; ~ medicale 403-4.
Obstetrică 169, 408-9, 666, 668-9.
Ocazionalism 220, 223.
Ocean interior 429.
Ochi 154-5, 321, 326, 383, 527, 531, 650.
Ocru 133.
Octant 522.
Ocular 310, 320.
Oculistică. V. Oftalmologie.
Ocultație 523.
Ocultism 126, 144, 162, 168, 345, 357.
Oftalmologie 398, 409, 668.
Oglinzi, ~ plane 320; ~ sferice 318, 320, 527, 574. V. Reflexie.
Ohm (legea lui ~) 567.
Olandeză (limba ~) 744-5.
Olărit 145 , 544.
Om, oameni 18, 288, 382-3, 387-91, 603, 641, 644, 648, 675-6, 680. V. Anatomie, Fiziologie, Medicină; ~ fosilă 711-2; ~ - mașină 201, 212, 401, 414, 640, 649, 652.
Omidă 380, 384, 679.
Omogeneitate 713.
Ondulații, teorie ondulatorie 325, 329-32, 334-6, 342, 525, 533, 537-8.
Onomastică. V. Nomenclatură.
Opacitate 529, 532-3.
Operație (chirurgie) 169, 408-9, 667-8.
Operații aritmetice 26, 28-9, 33, 37, 61; V. și Adunarea, Scăderea, Înmulțirea, Împărțirea.
Opiu, opiacee 140, 167, 400, 403, 406, 410.
Opoziții 90, 515-7.
Optică 35, 53, 121, 203, 218, 223, 232, 239, 256, 292, 300-10, 318-43, 398, 434, 461, 466, 494, 525-34, 540, 557, 570, 771, 777; ~ fizică 322; ~ fiziologică 321, 398, 528; ~ geometrică 201, 319-23; instrumente optice 318-20, 527-8; ~ matematică 343; ~ ondulatorie 509.
Orbite, calculul ~ 511-2.
Ordinea lumii 128.
Organe, ~ de respirație 601, 626; ~ de simț 398, 649; ~ genitale 155, 376, 398, 601, 649.
Organice (substanțe ~) 136, 600.
Organogeneză 389-90, 689.
Organografie 173.
Organoterapie 173.
Orientarea busolei 347, 350-1, 357.
Origine, ~ a ființelor vii 450; ~ a munților 119-20.
Ornitologie. V. Păsări.
Oroare de vid 267, 276, 278, 281.
Orologii 212, 248, 286-7, 306, 311, 394, 396, 506, 522, 544, 660, 735.
Orogenie 119, 699.
Orpiment (sulfură de arseniu) 132.
Ortopedie 667.
Os, osteologie 151-4, 156, 397-8, 408, 575, 649, 666-8.
Oscilații 266, 537. V. și Vibrații; ~ ale busolei 568-9.
Osteologie. V. Os.
Otologie 650.
Otorinolaringologie 409, 668.
Otrăvuri 406, 653.
Oțet 129, 134-5.

Ou 383, 389, 392, 611, 614-5.
Ovare 389, 613, 684.
Oviparitate 177, 377, 389, 677. V. Cvadrupede ovipare .
Ovism 389-90, 610-5.
Ovo-vermism 390.
Ovulație 389.
Ovule 682.
Oxidare 129, 132, 136, 142, 364, 371, 581, 622, 626.
Oxigen 365, 580-3, 585-8, 595, 599-600, 624, 626, 638.
Oxizi 131-5, 142, 368, 580-1; V. și la diferite metale.

Pahiderme 177-8.
Paleogeografie 699, 708.
Paleontologie 706; ~ stratigrafică 699, 709.
Palinologie. V. Polen.
Palmieri 187, 189.
Paludism. V. Malarie.
Pancreas 647.
Panteism 15.
Pappus (problema lui ~). V. Locul a 3 sau 4 drepte.
Parabolă, parabole 102, 245, 267, 269; ~ generale 242-6, 249; ~ supraosculatoare 249, 287.
Parabolică (traiectorie ~) 265, 269, 272, 511.
Paraboloid, ~ de revoluție 53, 242.
Paracelsism 369, 399-400.
Paradox, ~ al lui d'Alembert 498; ~ hidrostatic 114, 498; ~ de la Petersburg 480.
Paralaxă, paralaxe, ~ ale planetelor 514; ~ ale stelelor 75, 86, 88, 303, 312, 508, 510; ~ a lui Marte 515-6; ~ lunară 514-5; ~ solară 514-6.
Paralele (postulatul ~) 483.
Paralelogram, ~ al forțelor 98, 113; ~ al vitezelor 100.
Paralizie 399, 632, 645, 662.
Paratrăznet 559, 564, 777.
Paraziți, parazitism 173, 384, 386. V. Viermi.
Parcuri. V. Grădini.
Parfumuri 130.
Parotidă 647.
Particule seminale 612-3.
Partinogeneză 385, 611, 616; ~ artificială 615.
Partidă dublă (contabilitate în ~) 34, 38.
Partiții (problema ~) 478.
Pascal (principiul lui ~) 280-1.
Pastel 134.
Paște (data ~) 82-3.
Patogenie 159, 166, 404.
Patologie 146, 149, 157, 397, 399-404, 408, 632, 634-5, 653-4, 660; ~ umorală 149, 162, 166.
Patrupede. V. Cvadrupede.
Păduche de plante 385.
Pămînt (planeta) 63-70, 73-81, 84, 88-91, 117-20, 143, 213-5, 220, 265, 269, 274-5, 277, 293, 295, 299-302, 307, 311, 315, 348-9, 353-6, 427-8, 431-2, 452, 509-10, 523, 699; centrul ~ 217, 275, 282; compoziția ~ 202; densitatea ~ 291; forma ~ 517-9; istoria ~ 117, 120, 202, 428, 430, 432, 708; magnetismul ~ 213-4, 348-51; masa ~ 291; mișcarea ~ 67, 73-81, 84, 86, 213-6, 265, 269-70, 274-5, 305, 508-9, 519; mișcarea orbitală (anuală)a ~ 68, 73-4, 79, 354; orbita ~ 299-302; raza ~ 315, 508, 519; rotația ~ (mișcarea diurnă) 64, 68, 73, 75-6, 79, 84, 89, 214, 275, 352; sfericitatea ~ 118; structura ~ 118-9, 216, 429, 496; științele ~ 117-28, 207, 427-34, 450, 699-715; turtirea ~ 291, 428, 496, 504-5, 517-9.
Pămînt (element) 127, 137, 143, 216, 218, 368, 414, 540, 579, 584.
Pămînt(uri) 124-6, 130, 133, 370; ~ alcaline 573; ~ alcalino-pămîntoase 573; ~ arabil 172, 414-5; ~ inflamabil 370; ~ sigilat 167.
Părți (problema ~) 34, 49, 479.
Păsări 173-4, 179, 375-6, 380-2, 388, 603, 624, 672-7, 679-80, 769, 771.
Pătrate minime (legea ~) 481.
Pedagogie 57.
Pelagră 661.
Pelvimetrie 669.
Pendul 248-50, 266, 272, 286-7; ~ cicloidal 287; ~ compus 272; ~ conic 286; ~ izocron 248-9, 287; legea ~ 266, 268, 286-7; ~ regulator 506; rotirea planului de oscilație al ~ 268.
Percepție 157, 204, 211, 217-8, 288, ~ naturală 636; ~ senzitivă 636.
Percuție 494. V. Ciocnire; ~ toracică 659.
Perechi (producerea și anihilarea ~) 778.
Perfectibilitatea metalelor 141-2.
Perfecțiune divină 117.
Pergament 133.

Periant 412.
Peridioptrică 530.
Periodicitate 476.
Periodizare 451-2.
Peripateticieni. V. Artistotelieni.
Perle 124, 173, 434.
Persană, limba ~ 175; știința ~ 163.
Persecuții 743-4, 746.
Perspectivă 35, 42, 53, 212, 483-4.
Perturbații 302, 512-3, 735, 738.
Pescuit 172, 178.
Pești 177-9, 180, 375-8, 380-3, 389, 392, 675, 677, 679-80, 770; ~ fosile 700-1.
Petale 418.
Petersburg. V. Parodoxuri.
Petrografie 433.
Petrol 437.
Pețiol 412.
Pi (calcularea numărului π) 226-7, 476, 741-2. V. și Cvadratura cercului.
Piatră, pietre 124-5, 145, 159, 773; boala ~ 408. V. Litotomie, Operație; ~ de trăznet 121; ~ filozofală 130-1, 145, 168, 399; ~ prețioase 167, 434, 765.
Pictură, pictori 25, 40, 133, 151-2, 234, 457, 530.
Piele (absorbția oxigenului prin ~) 626.
Pigmenți. V. Coloranți.
Pilă (fizică) 525, 571, 663.
Pinipede 178, 376.
Piramidă 53, 487.
Pirită, pirite 119, 125.
Pirometre 544.
Pirotehnie 361, 365.
Pistil 687.
Pitagoreism 20, 70, 77-8, 176, 210-1, 323, 395.
Pînză (freatică) 123.
Pîrghie 98, 111, 210, 271, 401, 493, 500, 633.
Placentă 382.
Plagiat 179, 242, 463-4.
Plan 486-7; ~ de probă 569: ~ înclinat 95, 98, 111-3, 265-7; ~ tangent 487.
Planarii 678.
Planetar (automat ~) 247.
Planete, mișcarea planetelor 44, 65, 67, 70-7, 81, 84-5, 87, 89-91, 131, 134, 162, 168, 215-6, 218, 262, 275, 284, 291, 293-5, 299-302, 307, 309-10, 315, 428-9, 434, 482, 504, 510-2, 514-7, 523, 529, 532, 749, 773. V. și sub numele diferitelor planete; inegalitatea mișcării ~ 512. V. și Perturbații; masa ~ 291; tabele ale ~ 513; traiectoria eliptică a ~ 215, 218.
Planșe 153-4, 178-9, 185, 189, 420.
Plante. V. Botanică; ~ fosile 427, 701; ~ medicinale 166-7, 187-8, 423-5, 743, 761-3, 765, 770; ~ noi 189-91, 452.
Platină 575.
Platonism 34, 220, 223, 263.
Plăci vibrante 536-7.
Plăgi V. Răni.
Plămîn 155, 376, 625-6.
Plin (și vid) 126, 269, 293, 295.
Ploaie 122, 365, 432.
Plumb 126, 132, 134-5, 139, 142-3, 576, 760.
Plurialitatea lumilor 83-4, 109-10.
Plutonism 427, 699, 704-5.
Pneuma 392, 742.
Pneumatică (chimie ~). V. Chimie.
Poezie 165, 683.
Polarizarea luminii 331, 715.
Polemică 272-3, 307, 580, 585, 588-9, 599.
Polen 417-8, 682, 690.
Poliedre 56; ~ regulate 33, 35, 42, 53, 58, 299; ~ semi-regulate 34-5, 42, 58.
Poligoane, ~ regulate 36, 42, 54; ~ stelate 54.
Polii magnetului 344, 347, 352-3, 358, 559, 570.
Polinizare 690.
Polinoame 60; ~ ale lui Legendre 471.
Polipetale 420, 685.
Polipi de apă dulce 616-7, 643, 648, 678.
Politică (aritmetică ~) 481.
Poloneză (limba ~) 69.
Pompă 626.
Porțelan 678.
Porumb 418, 613, 770-1.
Postulat(e) 242; ~ al lui Euclid (al paralelelor) 483.
Potasă. V. Potasiu.
Potasiu 135, 368, 572-3; azotat de ~ 135; carbonat de ~ 135; clorură de ~ 572; săruri de ~ 573; sulfat de ~ 410.
Potențial 471; ~ electric 566.
Potop 121, 429, 432, 608, 699, 704-8, 710.
Pozitivism 208, 223, 292, 562.
Pozitron 778.
Practică 118, 129-30, 145, 206; ~ medicală 403-4, 761.
Practicieni 93, 101, 122, 145.
Pragmatism 36, 208, 213, 563.
Praf de pușcă. V. Pulbere.
Precesia echinocțiilor 70, 74, 90, 518, 520.
Precipitare (reacție de ~) 597.
Precipitat *per se* 575.
Precizie 90-1, 217-8.
Precursori 204.
Predici 764.
Preexistența germenilor 390, 610, 617.

Preformare, preformism 218, 390, 414, 610-2, 614, 617-8, 681, 690.
Preistorie 483, 710-2, 715.
Prejudecăți 147, 202.
Presă hidraulică 113, 280.
Presiune 113-4, 280, 289, 326-8, 498, 502, 538, 593; ~ arterială 630-1; ~ atmosferică 276-9, 541, 545 , 550; ~ pe fundul unui vas 113-4; variația ~ atmosferice 277-9.
Previziune 457.
Prevederea vremii 279.
Primitivă (funcție ~) 260, 476.
Principiu, principii 222 262, 296, 372, 414, 463, 465, 469-70, 482, 484, 493, 495, 499-501, 556, 587-8, 590-1, 596; ~ al calităților 129, 142-3; ~ imediate ale lui Paracelsus 166, 361-2, 366, 369; ~ vital 647. V. și sub diferite nume.
Prioritate (discuții asupra ~) 48-50, 242, 312, 463-4, 580.
Prismă 318, 320, 338, 341-2, 530-1. V. Dispersie.
Probabilitate, probabilități, calculul ~ 51, 237, 461, 466-7, 479-82, 773. V. și Părți (problema ~); ~ compusă 480; ~ geometrică 480; ~ totală 480.
Proba operațiilor 29-30, 33.
Problemă. V. Alhazen, Beaune, etc.
Probleme geometrice 58.
Proces(e) 206, 209, 215; ~ al lui Galilei 205, 273, 307-8, 427-8.
Produs infinit 227, 247, 476, 478.
Profesională (igienă ~) 665.
Profesionalizare 457, 461.
Profilaxie 665.
Progres 452-3, 457, 460, 483, 622.
Progresii 29-31, 33, 44-5, 49, 235-6, 244, 246, 476, 598, 738; comparație între ~ aritmetice și cele geometrice 31, 43-4, 235, 476.
Proiectile (mișcarea ~) 94, 96, 99, 105-6, 262-6, 291, 307. V. și Balistică, Jet.
Proiecție, proiecții 484-5; ~ centrală 484.
Propagare, ~ a luminii. V. Lumină; ~ a sunetului 537-8.
Proporții, ~ definite 598; ~ ale corpului omenesc 42; ~ multiple 599.
Prospectarea minereurilor 127.
Prostafereză 40.
Prostată 153.
Protestantism, protestanți 13-4, 71, 83, 300.
Proton 559.
Protozoare 385, 416, 677.
Pseudo-științe 11.
Psihiatrie 406-7.
Psihofiziologie 393, 540-1.
Psihologie 117, 157, 221, 223, 482, 511; ~ mecanicistă 212.
Psihoterapie 664.
Ptolemeu (sistemul lui ~), astronomie ptolemeiană 66-7, 71-9, 89, 299, 734-6, 745.
Pulbere 136; ~ de tun (~ neagră) 13, 284, 364, 576, 579, 583, 632.
Puls 95, 154, 157, 163, 639, 656, 659, 739.
Pulsometru 401, 660.
Punct(e), ~ de fugă 484; ~ de inflexiune 488; ~ fixe 64; ~ fixe (ale unei scări termometrice) 542-5; ~ la infinit 235; ~ singular 487; ~ vernal 90.
Pupilă 321, 639-40.
Purgație 162, 400, 655.
Puteri 31, 33, 43, 46, 51-2, 60. V. și Exponenți.
Putrefacție 129, 373, 627-8.
Puy-de Dôme (experiența de pe muntele ~) 277-8.

Quies media 96, 103, 107.

Rac 616-7.
Rahitism 404.
Ramuri infinite (matematică) 486-7.
Rangaku (știință olandeză) 743-5.
Raport (rație) 24, 234.
Rase umane 680.
Raționalism 15-6, 19, 126, 401, 502.
Raționament prin analogie 19.
Rațiune 19, 282, 287, 451, 456; ~ naturală 16.
Rază, raze, ~ calorice 548; ~ de curbură 462, 488; ~ extraordinară 340; ~ luminoasă 300, 320, 323, 328, 340-1.
Rădăcini (radicali) 31-3, 43-6, 50-1, 57, 60-1.
Rădăcini (ale unei ecuații), funcții simetrice ale ~ 229, 231, 474; ~ raționale 55, 229-30; ~ singulare 464, 467.
Răni 123, 169, 406, 408, 666-7.
Răsturnări geologice. V. Catastrofe geologice.
Răspîndirea cunoștințelor științifice 23, 28, 38, 159, 204, 208-9, 260, 283, 465-7, 492, 504-5, 549, 557, 733-4, 737, 745.
Rășini 133.
„Răzătură" 275.
Războaie 127.
Reactivitate 636-7.
Reacție, ~ chimică 118, 129, 131, 135-6, 142, 284, 370, 399, 402, 577-8, 592-6; ~ a

aerului 95-6, 99-100, 105; ~ a mediului 104-5.
Reale (numere, rădăcini ~) 472; ~ (realitate fizică) 96, 106, 214, 217, 221-2.
Realgar (sulfură naturală de arsen) 132.
Realism 15, 71, 122, 152, 222-3.
Rechenmeister 23, 43.
Rechin 376, 434.
Reciprocitate pătratică 479.
Rectificarea curbelor 36, 245, 249-50, 255, 462, 471, 738.
Reducere (chimie) 129, 131, 142.
Reflex 393.
Reflexie, legile ~ 282, 300, 320-1, 326-30, 334, 528, 532.
Refractare 530.
Refracție, ~ atmosferică 90, 300, 510; ~ extraordinară 331; legile ~ 210, 227, 232, 239, 246, 282, 320-1, 326-30, 334, 338, 342, 462, 494, 529-34.
Regenerarea animală 616-8.
Regim alimentar 165.
Reglarea (orologiilor) 266.
Regn(uri), ~ ale naturii 124; ~ animal 118, 123, 167, 601, 605; ~ mineral 124, 140, 168, 433; ~ vegetal 118, 125, 167.
Regulator 393, 506, 522, 625, 627, 639.
Regul (de antimoniu) 134, 368.
Regulă, ~ de calcul 236; ~ de trei (de aur) 29-31, 42.
Relativ 273, 289-90.
Relativitate, ~ a mișcării 84-5, 220, 269, 283, 287, 296; ~ restrînsă 330.
Relevee 35.
Relief terestru 119, 121.
Religie, viață religioasă 16, 80-1, 159, 169-70, 208, 361, 430, 451, 680, 682, 736, 740, 748-9.
Remedii. V. Medicamente.
Ren (epoca ~) 130.
Repaus 126, 213, 273-4, 283-4, 287, 289.
Reper, ~ absolut 298-90; ~ mobil 286.
Reperarea temperaturilor 541.
Reproducere, ~ a animalelor 387, 389; ~ a vegetalelor 184, 186-7, 413, 417-9, 682, 771-2.
Reptile 177, 377, 380-1, 626, 645, 679, 712.
Resort 220, 500; ~ spiral 306.
Respingere, ~ electrică 553, 556, 564, 568; ~ magnetică 570.
Respirație, ~ la animale 157, 364-6, 371, 390-1, 550, 575-82, 585, 587, 624-6, 629, 638, 641, 644-5.; ~ la vegetale 417, 578, 582, 690-2.
Rest al unei serii 470.
Rete mirabile 150, 154.
Retină 321.
Retorică 14, 56.
Rețea. V. Capilare, Limfă; ~ cristalină 433.
Rețete chimice 130-3, 138, 140, 142, 750.
Revoluție, corpuri de ~. V. Solide de ~ ; ~ științifică 93, 146, 264.
Reziduuri pătratice 479.
Rezistență, ~ a aerului 96, 101, 265, 272, 499; ~ a fluidelor 276, 290, 497, 499; ~ a materialelor 266-7, 336, 568; ~ a materiei 499-500; ~ la mișcare 99-100, 262, 290; relația dintre ~ și forță 110.
Revolzare, ~ a ecuațiilor algebrice 228-31. V. Ecuații; ~ aproximativă. V. Ecuații.
Rezonanță 533, 536, 538.
Rezonator 539.
Rinichi 154, 156, 376, 398, 649.
Rinocer 179, 209, 377, 703, 712.
Rinoplastie 668.
Rîie. V. Scabie.
Roberval (transformarea lui ~) 245-6, 249.
Roci 124-5, 428, 432-4; ~ eruptive 124; ~ primitive 430, 703-4; ~ secundare 430, 703-4; ~ sedimentare 432, 705.
Rolle (teorema lui ~) 474.
Roșu 133-4.
Rotație 94, 105, 108; ~ magnetică 352-3.
Rotifere 385, 616, 678.
Rujeolă 404.
Ruletă. V. Cicloidă.
Rumbus 58.
Rumegătoare 376.

Saline marine 122, 209.
Salivă 627.
Saloane 457, 542, 558.
Salpetru (silitră) 126, 135, 362, 364, 366, 583.
Salsaparila 143, 166, 762.
Sangi 741.
Sanscrită (limba ~) 751.
Sarcină, ~ electrică 559, 566, 569-70; ~ magnetică 556.
Sarcopt. V. Scabie.
Sare, săruri 124-6, 132, 135, 145, 362, 364, 366, 372-3, 436, 585, 592, 597-8; ~ alcaline 130, 135, 572-3; ~ gemă și ~ marină 126, 135, 573; ~ metalice 130, 574-5; principiul „sare“ 143, 158, 162, 366.
Sasafras 166, 271.

Sateliți 283, 291. V. și sub numele planetelor.
Saturn 73, 87-8, 126, 143, 162, 299, 306, 310, 511, 513; inelele lui ~ 306, 310, 313; sfera lui ~ 88; sateliții lui ~ 310, 313.
Savant 212, 221, 456.
Sămînță 183-4, 186, 417-9, 686.
Sănătate publică. V. Igienă.
Săpun 135.
Scabie 402.
Scamonee 167.
Scară, ~ a ființelor 123, 176-7; ~ termodinamică absolută 545-6; ~ termometrică 543-5.
Scarlatină 164-404.
Scădere 29-30, 51, 61.
Schelet 130, 152-3, 178, 632, 637, 744.
Schimbare 68, 96, 110, 221; ~ de coordonate 487-8; ~ de stare 540, 622; ~ de variabilă 49, 464.
Schimburi, ~ comerciale. V. Comerț; ~ gazoase 691-2; ~ intelectuale 207.
Scînteie electrică 557, 560, 564, 645, 663.
Scoarță 134; ~ terestră 119.
Scolastică 15, 56, 95, 105-6, 126, 140, 143, 159, 161, 170, 207, 209, 211, 221-2, 262, 264, 268, 270-2, 275-6, 282, 287, 294, 296, 298, 322, 327, 338, 369, 538, 683, 774.
Scorbut 164, 173, 661, 664.
Scorpion 379-80, 385.
Scripeți 111, 500.
Scurgerea fluidelor 499. V. Hidrodinamică.
Secret(e) 17, 70, 118, 131, 140, 204, 310-1.
Secreție 388, 634, 645-7, 653, 656-7.
Sector mural 312, 505, 515.
Secțiune, secțiuni, ~ ale ariilor 228; ~ anatomice 148; ~ de aur. V. Număr de aur.
Secularizare 170.
Sedimentare (terenuri ~) 710.
Sedimente 120, 430, 700, 702, 708.
Selacieni 376, 382-3.
Selecție 604; ~ naturală 609, 681-2, 708.
Semiologie 659-60.
Semiotică 163.
Semne, ~ alchimiste 131; ~ egal 57, 229; ~ ale operațiilor 33; ~ „plus" și „minus" 29, 43, 46, 56-7, 60; regula ~ 50.
Sensibilitate 387, 390, 392, 452, 633, 636-40, 642, 647, 654, 657-8.
Sensorium 293, 640-2, 644.
Senzație 211, 639, 646.
Senzorială (excitație ~) 393.
Senzualism 483.
Separare 141; ~ a rădăcinilor 232, 474; ~ fracționată 142.
Sericicultură 173.
Serie, serii 49, 246, 256, 260, 462, 464-6, 470, 475-8, 486, 734, 738, 741; ~ a lui Taylor 256, 464, 470, 474. V. și Maclaurin; ~ armonică 477; ~ convergente 247, 477; ~ divergente 477; ~ hipergeometrică 467.
Sevă 414-5, 691. V. și Circulație.
Sextant 88, 90, 306, 505, 521-2.
Sexualitate 389; ~ a vegetalelor 187, 389, 417-8, 681-3, 685, 689-90, 770-1.
Sferă, sfere, ~ armilară 69, 90, 735; ~ a fixelor 75, 79, 214-5, 345, 352-3; ~ cerească 22, 63, 76-7, 79, 88-9; ~ omocentrice 67, 80; ~ osculatoare 489.
Sferic(ă) 27; forma ~ 76, 94, 102; geometrie ~ 27-8; triunghi ~ 27-8; trigonometrie ~ 27-8.
Sfert de cerc 520.
Sfigmometru 395.
Sfinți vindecători 159.
Sfîrlează 94, 108.
Sifilis 67, 164-6, 405, 669, 751, 762.
Sifon 267, 279, 580.
Signaturi (medicina ~) 167, 187, 425.
Silex. V. Cremene.
Simbolism 130, 152, 530, 592; ~ matematic 21, 228, 235, 464 , 469, 472, 488. V. și Notație.
Simetrie 417, 488.
Similitudine. V. Asemănare.
Simpatie 19, 176, 322, 641-2; forțe de ~ 354, 592, 639; praf de ~ 168.
Simple. V. Plante medicinale.
Simptome, simptomologie 403, 658, 660.
Simț 157; ~ comun 86, 93, 96, 103; organe de ~ 398.
Simulacre 323.
Sinclinal 707.
Sindesmologie 649.
Sinfiseotomie 409, 669.
Sinonimie 190, 375.
Sinteză, ~ a apei 586; ~ newtoniană 503.
Sinus 26. 44, 235-6, 533-4; ~ - *complementi* 26. V. Cosinus; legea ~ 321, 326, 330, 342, 533-4; ~ sfenoid 155 tabele de ~ 26, 44,; ~ total 235-6, 476; ~ *versus* 28, 44.
Sinusoidă 244.
Sistem(e) 356; ~ de forțe 215; ~ medicale 399-402, 648-9, 651-9.
Sistem de puncte 262.
Sistem metric 574.

Sistem nervos 154, 622, 638-45, 649-50, 654, 656. V. Nervi; ~ simpatic 658.
Sistem sexual, clasificarea lui Linné 601, 683-5, 688, 771.
Sistem solar 66-7, 71-9, 85-9, 215, 299-300, 354, 503, 510-7. V. și Copernic, Ptolemeu, Lume, Tycho Brahe, Univers.
Sistemul lumii 70, 269-70, 272-5, 289-93, 307. v. și Cosmologie, Lume, Univers.
Sistematică, ~ animală 176-8, 375-81, 674, 679; botanică ~ 412, 418-20; ~ vegetală 182-4, 418-20, 683-9.
Sistolă 154, 157, 631.
Sită 646.
Sînge 94, 161-3, 168, 391-3, 624-5, 629-30, 632-3, 635, 646-7, 651-2; ~ arterial 577, 626; ~ de dragon 134; ~ pulmonar 626; ~ venos 577, 626.
Sîngerare 162-3, 166, 400, 629, 633, 655-6.
Smalțuri 133.
Soare 18, 21, 64, 69-70, 73-5, 77, 79, 83-5 89-91, 126, 162, 214-5, 274, 288, 290-1, 295, 299-302, 311, 315, 320, 326, 427, 431, 510-1, 515-6, 519; atracția ~ 291, 301; faculele de pe ~ 309; harta ~ 428, 431; masa ~ 91; petele de pe ~ 215, 302, 306, 309, 428-9.
Socială (matematică ~) 481.
Societate (reguli de ~) 28.
Societate, societăți, sistem economic și social 16, 19, 298, 449, 451, 455-8, 460; ~ savante 396, 411, 759, 765, 775-6; ~ secrete 140.
Sodă. V. Sodiu
Sodiu 368, 573; carbonat de ~ 135; clorură de ~ 126. V. și Sare marină; sulfat de ~ 135, 410, 572.
Sol(~ arabil). V. Pămînt arabil.
Solid(e), ~ de rezistență minimă 290; ~ de revoluție (aria și volumul ~ ~) 242-4; mecanica ~ 262; problemele ~ 232.
Solidism 651-2.
Solipede 376.
Solutrean 130.
Soluție chimică 627-9.
Soluții (ale ecuațiilor algebrice). V. Rădăcini.
Somn, boala ~ 406; ~ plantelor 415, 692.
Souan-pan (sau *soroban*) 741.
Spagirică (teoria ~) 129, 158.
Spaniolă (limba ~) 161, 761.
Spațiu 268-9, 272, 275, 288-9, 295, 492; ~ absolut 288; ~ ceresc 336; ~ finit 215; ~ infinit 77, 292, 315. V. și Lume, Univers.
Spasm 635, 653.
Spat 331, 334, 433, 714-5.
Specie, specii 178, 181, 185, 419-20, 422, 427, 433, 601, 603-8, 621, 672, 675, 681-2, 685-6, 689; ~ dispărute 121; fixitatea ~ 419; ~ mineralogică 713; variabilitatea ~ 433, 606-10.
Specificitate 648.
Spectru magnetic 348-9, 355.
Speculații 203, 206, 218.
Speculum matricis 163.
Speranță matematică. V. Așteptare matematică.
Spermatozoizi 214, 384, 389-90.
Spirală, spirale 41, 94, 245, 462; ~ logaritmică 245-6, 462.
Spirală reglantă 522.
Spirit (mentalitate) 451-3, 456; ~ științific 201-2, 211, 213-4, 216-7, 219, 221, 223, 530.
Spirit(e) (biologie), ~ animale 154, 157-8, 390-1, 394, 632, 634-6, 639-41, 644, 652; ~ seminal 362.
Spirit(e) (chimie) 127, 136, 363, 368, 624; ~ al vinului 136, 542-3; ~ sălbatic 363-4.
Spiritualism 221, 287-8.
Spiritus mundi 118.
Spirt. V. Spirit (chimie).
Spitale 404-5, 625, 665, 743, 775.
Splancnologie 649. V. Viscere.
Splină 154, 157, 627, 647.
Spontaniști 619, 621.
Stabilitate 138, 496, 502.
Stahlieni 642.
Stamine 417-8, 684, 687.
Staniu 126, 130, 133-4, 139, 142.
Statică 97-8, 104, 110-3, 266, 271, 280, 296, 493-4, 500, 633; ~ a vegetalelor 691; ~ chimică 599.
Statistici 481, 648, 773.
Stările materiei 496.
Stele 18, 63, 66, 75, 79-80, 85, 87-90, 119, 216, 274, 290, 292, 303, 429, 503, 505, 512, 523; distribuția ~ 482; recensămîntul ~ 519-21. V. și Harta cerului, Cataloage de stele.
Stern 153-4.
Sticlă, sticlari 134, 320, 555-6, 584.
Stil 500.
Stimulism (brownism), stimulus 655.
Stirling (formula lui ~) 479.
Stomac 382, 627-9, 657, 692.
Stomate 416, 689.
Stratificare 431.

Stratigrafie 427, 430-1, 699, 703, 705.
Strănut 641, 644.
Structură, ~ a cristalelor 712-3; ~ a materiei 591. V. și Materie; ~ a vegetalelor 186, 413, 415-7.
Sublimare 368.
Sublunar. V. Lume.
Submersibil 365.
Subordonarea caracterelor 184, 418.
Substanță 273, 296, 322-4, 328, 332, 341, 372.
Substanțialitatea materiei 496.
Substituție 473.
Sub-tangentă 239.
Suc(uri), ~ digestive 627-8, 651; ~ gastric 388, 627-9; ~ pancreatic 627-8.
Succin. V. Chihlimbar.
Sucusiune hipocratică 163.
Suflător de hidrogen 574.
Suflet 16, 157-8, 176, 186, 212, 219, 221-2, 272, 350, 391, 393-6, 398, 400, 451, 603. ~ al animalelor 391-3 ~ rațional 635, 642-3; ~ senzitiv 400; ~ vegetativ 414.
Suflu vital 742.
Sulf 119, 131-2, 135-6, 362, 371-2, 581; principiul „sulf" 123-4, 126, 136, 143, 158.
Sulfați 130, 135-6, 368, 410. V. și la diferite metale.
Sulfuri 130-6, 142, 364. V. și la diferite metale.
Suma rădăcinilor unei ecuații 50, 229, 231.
Sunet 211, 262, 325, 328, 330, 339-40, 502, 533, 535-9, 735.
Suprafață, suprafețe 466, 487-9. V. Cvadrice, Sferă, Hiperboloid de revoluție; curbura ~ 489; ~ de nivel 353; ~ de revoluție 242-4, 488; ~ desfășurabile 489; ~ de undă 330; familii de ~ 489; ~ minimale 469, 488-9; ~ rectificantă 489; ~ riglate 489.
Suprarenale (glande ~) 156.

Școli. V. Învățământ.
Șelac 134.
Șerpi 375, 377, 380, 388, 677; ~ de mare 377.
Șisturi 125.
Șlefuirea pietrelor prețioase 35.
Șofran 132, 134.
Știință, științe, ~ aplicată 41, 97, 551; ~ exacte 21, 115; ~ fizice 93-115, 318-73, 525-600; ~ naturale 146-91, 375-437, 601-715; noțiunea de ~ 17-8, 24, 36, 210-3, 223, 452.
Șurubul lui Arhimede 735, 738.

Tabele, ~ astronomice 21, 78, 81, 87, 90-1, 736. V. și Cataloage de stele; ~ de dobînzi 58-9; ~ de înmulțire 30; ~ de logaritmi 40, 59, 236-7; ~ de sinusuri. V. Sinus; ~ de tir 272; ~ trigonometrice 225-6. V. și Sinus, Tangentă, etc.
Tangentă 28; problema ~ 238-41, 243-4, 246, 252, 258-9, 462, 488; problema inversă a ~ 246-7, 250, 255, 259; tabele de ~ 26-8.
Tartrați 573.
Tatu 180.
Taumaturgie 159.
Taxonomie 124, 182, 184, 413, 419, 681-2, 684, 686-7, 690, 698.
Taylor (formula lui ~) 256, 464, 470, 474.
Tămîie 124.
Teama de vid. V. Oroarea de vid.
Tectonică 428-9, 702.
Tehnică 11, 14, 97-8, 127, 214, 248, 550-1, 622, 760-1.
Teleobiectiv 319.
Teleologie 117, 157-8, 412.
Telescop 81, 83, 90, 218, 316, 342, 523, 527, 574, 734.
Temperamente 161, 166, 375, 387, 540.
Temperatură 96, 157, 538, 540-6, 548; ~ absolută 545-6; ~ a corpului uman 541.
Tensiune superficială 282.
Teodolit 34, 54, 90.
Teologie 70, 118, 287, 291-3, 296, 390-1, 393, 491, 580, 610, 681; V. și Potop, Inchiziție, Reformă.
Teoremă. V. sub diferite nume.
Teorie 97-8, 101-2, 118, 129, 142, 207, 209, 211-2, 450, 567; ~ a numerelor 201, 233-4, 466, 478-9, 759; ~ fizică 104, 281.
Terapeutică 168, 399-400, 403, 406, 623, 653, 655-6, 658, 662, 664, 742, 750, 761.
Teratologie 618
Teren 400.
Termalism. V. Balneoterapie.
Teriaca 167, 410.
Termochimie 550.
Termodinamică 546, 550-1; legile ~ 546.
Termometru, termometrie 394-5, 401, 541-6, 622, 678, 714.
Termoscop 541-2.
Terra. V. Pămînt (planeta).
Terrellaé 212, 353.
Testacee 375, 378-9, 381, 383.
Testicule 613.
Tetraedru 37.
Textilă, textile 129; industrie ~ 138-9.
Tien Yuan (tenzan) 739-40, 742.
Tifoidă 661. V. și Febră.
Tifos exantematic 164-5, 664.

Timbru 454, 538.
Timp 287-8; ~ local 521-3; măsurarea ~ 266, 269. V. Orologii.
Timpan (coarda timpanului) 155.
Tipar, tipografii 34, 178. V. Imprimerii.
Titirez. V. Sfîrlează.
Tonicitate 635-6, 656.
Topologie 353.
Torente 120.
Torpilă (pește- ~) 645.
Torricelli, legea lui ~ 268; principiul lui ~ 268, 286.
Torsiune 489, 568.
Tradiție, tradiționalism 104-6, 130, 138, 140, 144, 149, 159, 585, 738, 748-9, 751.
Traduceri 26-7, 35, 38, 40, 42, 53-4, 56-8, 64-5, 124, 147-8, 153, 159-61, 181, 183, 403, 466, 482-3, 504, 578, 589, 599, 691, 733-5, 751, 761, 766, 776.
Traheotomie 408.
Traiectorie. V. Mișcare, Proiectil; ~ ortogonale 462, 488.
Transcendente (funcții ~) 259. V. și Curbe, Funcții.
Transformări, ~ ale elementelor 118, 132-3; ~ ale solidelor 37; ~ de contact 468, 489; ~ geometrice 37, 55.
Transformism 427, 431, 603-10, 621, 681-2, 709-10; ~ miraculos 608-9.
Transfuzie de sînge 410.
Transmitere 147; ~ a luminii 528, 531-2.
Transmutare 118, 131, 362, 399.
Transparență 532.
Transpirație 395, 550, 587, 625, 691; ~ vegetală 691.
Transporturi 138-9.
Transversale (teoria ~) 485.
Traseu. V. Construcții.
Tratate. V. Manuale.
Travaliu, ~ al forțelor interioare 500; ~ cardiac 630-1; ~ muscular 638.
Treceri (la meridian), ~ ale lui Mercur 302, 774; ~ ale lui Venus 302, 516-7, 774; instrument pentru observarea ~ 312; observarea ~ 506-7.
Trepanație 668.
Trepidație 66, 90.
Triangulație 44, 312, 515, 518-9, 737.
Trigonometrie 26-8, 39, 61, 80, 225-7, 235-6, 476-7, 734, 738; ~ plană 27-8, 40, 225-6, 476, 745; ~ sferică 27-8, 40; tabele trigonometrice 80, 225-7. V. și Sinus, Tangentă.
Trilobiți 431, 707.
Tripartită (traiectorie ~) 102, 104.
Triquetrum 69.
Trisecționarea unghiului 226, 477.
Trituratie 388, 627-8.
Triunghi(uri), ~ aritmetic 44-5, 50, 55-6, 237; ~ caracteristic 235, 250, 255, 259; geometria ~ 485; ~ omologe (asemenea) 235; ~ polar 227; ~ sferic 27-8, 40, 227; suma unghiurilor unui ~ 483.
Troliu 110.
Troncaturi 713-4.
Tub(uri), ~ capilare 282; ~ digestiv 653, 655; ~ de forță magnetică 349; ~ sonore 454, 536, 539.
Tuberculoză 402, 405,
Tumori 408, 667, 744.
Tun(uri) 21, 86, 96-7, 103-4; străpungerea țevilor de ~ 547.
Tunet, trăznet 203, 284, 454, 564, 711, 776-7.
Tungsten. V. Wolfram.
Turbare 173, 661.
Tuse convulsivă 164, 661.
Tutun 190, 613, 762-3, 769.
Tycho Brahe (sistemul lui ~) 73, 85-6, 88-90, 737.

Țesut (biologie) 155-6, 415, 626, 635-7, 639, 650, 658, 689; ~ celular 416, 657; ~ conjuctiv 636-7, 649-50; ~ mucos 658; ~ muscular. V. Mușchi.
Țesut, țesătorii 130, 139.
Țipirig V. Amoniac.

Ulei(uri) 371; ~ de ficat de morun 669; ~ de vitriol *(oleum)* 135, 368.
Umanism, umaniști 11, 25, 27, 35, 39, 54, 56, 62, 147, 152, 156, 159-60, 345.
Umbelifere 183-4, 419-20.
Umbră și penumbră (teoria ~) 489.
Umed (calitatea de ~), umiditate 95, 127, 137, 143, 162, 540, 545.
Umori, umorism 157, 158, 161-3, 166, 168, 176, 400, 453, 635, 646, 650, 652-3.
Unde 99, 532-4. V. Ondulații; propagarea ~ 290, 537; ~ sonore 535, 537-8.
Unghi, ~ de contingență 51, 55; ~ facial 680; multisecționarea ~ 55; ~ solid 227.
Unificarea fizicii terestre cu cea cerească 84-5, 215-6, 221, 290.
Unitate, ~ celulară 681; ~ doctrinală 136-7; ~ a lumii 18, 176; ~ a naturii 370, 413, 603.
Uniuni științifice internaționale 516.
Univers 18-9, 21, 34, 63, 72-8, 84-5, 117, 126, 162, 178, 214, 217, 272-4, 288, 292,

316, 326-7, 355, 366, 390, 428, 452, 455; ~ infinit 63, 204, 215, 273; ~ omogen și infinit 63-4, 68, 79-81, 83-4, 94, 214. V. și Copernicanism, Lume, Ptolemeu, Tycho Brahe.
Universitate, universități 13-4, 17, 25, 38-9, 81, 169-70, 205, 207, 411, 456, 460-1, 503, 759, 765, 774. V. și sub numele diferitelor orașe.
Urangutan 383, 603, 648.
Uranus 523.
Urbanism 769.
Ureche 149, 155-6, 398, 539.
Uriași 121, 711-2.
Urină 95, 158, 163-4, 575, 659.
Urmărire (problema ~) 29.
Uroscopie 158.
Urs 172.
Uscat (calitatea de ~) 126-7, 137, 143, 162, 540.
„Ușurință" (fizică) 84, 105, 107-8, 264; ~ specifică 108.
Uter 147, 149, 154-5, 389, 614, 669.
Utilitate, utilitarism 19, 176.
Utricule 417.

Vacă 376.
Vaccin, vaccinare jenneriană 453, 661-2, 762, 773.
Valuri 537.
Valvulă, valvule, ~ ileo-cecală 150; ~ mitrală 155; ~ venoase 150-1, 156, 391.
Vanadiu 761.
Vapori 212, 292, 294, 546; ~ ai apei 551.
Var. V. Calciu.
Variabile (stele ~) 309.
Variație 91; ~ a constantelor 467; ~ a speciilor 605-10.
Varietate 420.
Variolă 405, 661-2, 773.
Vase, ~ chilifere 392; ~ ale lemnului 416, 689; ~ comunicante 113-4; ~ sangvine 376, 390-2, 613.
Vedere 36, 318, 321, 528, 633; ~ concretă 98.
Vegetale 176, 427, 601. V. Plante; ~ fosile 427, 430; compoziția ~ 367.
Vegetativ 387-90, 395.
Vene 153-4, 391-2, 630-1.
Venerice (boli ~) 405, 661, 668.
Venus 78, 88, 126, 162, 299, 302, 309; fazele lui ~ 306; lumina cenușie a lui ~ 309; sfera lui ~ 88; strălucirea lui ~ 88; trecerile lui ~ 302, 309, 312, 516-7, 774, 776.
Verde 133.
Vernier 57, 522.
Versorium 557.
Vertebrate 375, 381-3, 626, 673, 679.
Vertebre 667.
Vezicație 166.
Vezicule seminale 157.
Viață 219-20, 294, 387, 389, 394-5, 401, 432, 540, 636, 648, 731; ~ medicală 410-1, 665-7, 670-1; științele ~. V. Biologie, Științele naturii, Botanică, Zoologie; ~ științifică 14-7, 204-9, 449, 459-61, 503, 572; ~ vegetativă 653, 657.
Vibrații, ~ longitudinale 535; teoria ~ 324-5, 327-8, 336, 339-42, 533, 535-9, 548; ~ transversale 329-30.
Vid 93, 109, 126, 220, 264, 267, 270-1, 273, 275-7, 280, 282, 288, 296, 365-6, 537; imposibilitatea ~ 264; mișcarea în ~ 109; oroarea de ~ 267, 276-8, 281; ~ în ~ 278.
Viermi 380, 618, 675; ~ intestinali 678.
Vinuri 400, 576.
Virtute, virtuți. ~ electrică 554-5, 559; ~ ale plantelor 413, 425. ~ magnetică 349-50; ~ oculte 216, 219, 221-2, 263.
Viscere 150, 153-5, 162, 398.
Viscozitate 290-1, 293.
Vitalism 158, 637-8, 647-8, 656-9, 681.
Viteză 95-6, 100, 109, 251, 264, 266, 271, 289; ~ a luminii 270, 313, 529, 533-4; ~ a sîngelui 630-1, 646; ~ a sunetului 537-8, 558; ~ de reacție 598; vectorul ~ 240.
Viteze virtuale (principiul ~) 98, 271.
Vitrioli 123, 131, 135-6, 368, 573.
Viviparitate 176, 376, 389.
Vivisecție 154, 157.
Vînătoare 172.
Vîrfuri (puterea ~) 560-4.
Vîrtejuri (teoria ~) 208, 216-7, 220, 274-5, 283-4, 293-5, 326-8, 356, 491, 497, 552, 556, 559, 568.
Vocabular 174-5. V. Terminologie.
Voce 539.
Volatile (corpuri ~) 136.
Volume (determinarea ~) 242-4, 259. V. și Cubaturi.

Vopsele, vopsire 130, 133, 138.
Vrăji, vrăjitorie, vrăjitori 159, 209, 406, 511.
Vulcani, vulcanologie 118-20, 431-3, 700, 704, 707-9
Vulgară (limbă ~) 38, 42, 127, 161, 175, 205, 263.

Wolfram 761.

Xilografie 151, 178.

Zahăr 765.
Zăcăminte metalifere. V. Filoane, Mine.
Zăpadă 122, 365, 541.
Zebră 376.
Zecimal (sistemul ~) 59-61.
Zero 30; ~ absolut 545.
Zetetică 228.
Zinc 133-4, 573; oxid de ~ 134.
Zi siderală 64.
Zmeu electrizator 776-7.
Zoofite 172-80, 375, 379, 381.
Zoologice (parcuri ~) 173.
Zoologie 172-80, 375-86, 388, 419, 601, 672-80, 682, 764, **766**, 772; ~ ilustrată. V. Iconografie zoologică.
Zootehnie 172, 604.

Legendele planşelor

1. LEONARDO DA VINCI *AUTOPORTRET*. Crochiu în creion roşu. Biblioteca naţională din Torino (Foto Anderson-Giraudon)
2. POLIEDRE SCOBITE. DESENE ÎN PENIŢĂ DE LEONARDO DA VINCI, ilustrînd manuscrisul lucrării lui Luca Pacioli *Divina Proportione*. Biblioteca municipală şi universitară din Geneva. (Foto Biblioteca din Geneva)
3. ARITMETICA DUPĂ *MARGARITA PHILOSOPHICA*. Învăţarea vechiului calcul cu jetoane şi a calculului „cu pana". Cele două metode sînt simbolizate — foarte inexact — prin numele lui Pitagora şi al lui Boetius. Gravură în lemn ilustrînd lucrarea menţionată şi aparţinînd lui Reisch (Freiburg, 1503). (Foto P.U.F.)
4. NICOLAUS COPERNIC (1473-1543). Pictură, şcoala lui Hans Holbein. Muzeul Observatorului din Paris. (Foto Observatorul din Paris).
5. TYCHO BRAHE ŞI MARELE CVADRANT DE PERETE AL OBSERVATORULUI DIN URANIBORG. Gravură în lemn extrasă din lucrarea lui Tycho Brahe *Astronomiae instrumentae mechanica* (Wandsbeck, 1598). (Foto Observatorul din Paris)
6. SFERA CEREASCĂ A LUI BÜRGI. Este pusă în mişcare de un mecanism de ceasornic. Instrumentul a fost construit de Jost Bürgi prin anul 1580. Bronz şi cupru aurit. Muzeul Conservatorului naţional de arte şi meserii din Paris. (Foto Muzeul Conservatorului)
7. METALOTECA VATICANULUI, VEDERE GENERALĂ. Gravură extrasă din *Metallotheca Vaticana*, de Michele Mercati (1577), publicată de Lancisi în 1719. Biblioteca Muzeului naţional de Istorie naturală. (Foto Franceschi-P.U.F.)
8. PROSPECTAREA MINEREURILOR ÎN SECOLUL AL XVI-LEA, FOLOSIND BAGHETA. Gravură în lemn, extrasă din *De re metallica* de Agricola (Basel, 1556). (Foto B.N.)
9. LABORATOR ALCHIMIC DIN SECOLUL AL XVI-LEA. Gravură de H. Cock după P. Breughel cel Bătrîn. Cabinetul de Stampe al Bibliotecii naţionale. (Foto Giraudon)
10. PARACELSUS (1493-1541). Portret de Jan van Scorel. Muzeul Luvru. (Foto Giraudon)
11. PLANŞĂ ANATOMICĂ, DE LEONARDO DA VINCI. Studiu al laringelui, al faringelui, al bronhiilor şi al mecanismului de înghiţire; anatomia topografică a piciorului. *Dell'Anatomia, Fogli A*, 3r. (Foto P.U.F.)
12. SCENĂ DE DISECŢIE. Desen atribuit lui Bartolomeo Passarotti (1524-1592). Oxford, Biblioteca Universităţii. (Foto R. Viollet)
13. VESALIUS DISECÎND UN BRAŢ. Gravură executată în 1542 de Jan Stephan van Calcar şi publicată în *De humani corporis fabrica* de Vesalius (Basel, 1543). (Foto B.N.)
14. RECUNOAŞTEREA DROGURILOR. Gravură în lemn extrasă din lucrarea *Das Buch der Cirurgia...* a lui Hieronymus Brunschwig (Strasburg, 1497). Fiecare borcan poartă

un semn specific, care permite recunoașterea imediată a produsului. (Foto Sahuc-E.S.L.)

15. PREPARAREA GUAIACULUI ȘI TRATAREA SIFILISULUI. Gravură de Jean Galle după un desen de Jean Stradan. Cabinetul de Stampe al Bibliotecii naționale. (Foto B.N.)

16. RINOCER (1) ȘI ȘARPE DE MARE (2), ILUSTRAȚII ZOOLOGICE DIN EPOCA RENAȘTERII. 1. Gravură de Albrecht Dürer (1515) (Foto B.N.). 2. Gravură extrasă din lucrarea lui P. Belon *La nature et diversité des Poissons...* (Paris, 1555). (Foto B.N.)

17. RENÉ DESCARTES (1596-1650). Portret atribuit lui Frans Hals. Muzeul Luvru. (Foto Arhivele fotografice de Artă și Istorie).

18. ACADEMIA DE ȘTIINȚE ȘI ACADEMIA DE ARTE FRUMOASE. Desen de Sébastien Leclerc (1678), peniță și laviu în tuș. Biblioteca Școlii de Arte frumoase din Paris. (Foto Giraudon)

19. GALILEO GALILEI (1564-1642). Portret executat în anul 1636 de Justus Sustermans. Muzeul Oficiilor, Florența. (Foto Alinari-Giraudon)

20. EXPERIENȚA CU EMISFERELE DIN MAGDEBURG. Această experiență, care demonstrează anumite efecte spectaculoase ale presiunii atmosferice, a fost realizată în 1654 de către Otto von Guericke în fața Dietei din Ratisbonne. Gravură extrasă din lucrarea lui Guericke *Experimenta nova Magdeburgica de vacuo spatio*, Amsterdam, 1672. (Foto Franceschi-P.U.F.)

21. JOHANN KEPLER (1571-1630). Acest portret în ulei, executat în timpul șederii lui Kepler la Linz (începînd din 1612), a fost oferit de el însuși prietenului său Matthias Bernegger din Strasburg. Capela Saint-Thomas, Strasburg. (Foto Sato).

22. LUNETELE LUI GALILEI. Două dintre lunetele astronomice cu ocular divergent, construite și folosite de Galilei. Museo di storia della scienza, Florența. (Foto Muzeul din Florența)

23. LUNETA ASTRONOMICĂ A LUI HEVELIUS. Această lunetă fără tub posedă un obiectiv a cărui distanță focală este de mai multe zeci de metri, ceea ce necesită un sistem de manevră foarte complicat. În fund — orașul Gdansk. Gravură extrasă din *Dissertatio de nativa Saturni facie*, 1656. (Foto Observatorul din Paris)

24. FAȚADA DINSPRE SUD A OBSERVATORULUI DIN PARIS, ÎN 1680. Gravură de Pérelle. Observatorul din Paris. (Foto Observatorul din Paris)

25. ISAAC NEWTON (1643-1727). Portret de Godfrey Kneller, executat pe vremea cînd Newton redacta *Principiile*. Document obținut prin intervenția amabilă a lui D. McKie. Colecția contelui de Portsmouth. (Foto *Country Life*)

26. STRUCTURA PĂMÎNTULUI, DUPĂ A. KIRCHER (1664). Acest „sistem teoretic al focurilor subterane, pentru care vulcanii servesc drept răsuflători", este inspirat de schema structurii Soarelui pe care Kircher a conceput-o în urma studierii petelor solare. Gravură extrasă din lucrarea lui A. Kircher *Mundus subterraneus*, vol. I, Amsterdam, 1664. (Foto B.N.)

27. WILLIAM HARVEY (1578-1657). Portret de curînd identificat de către Lady Moran și atribuit lui Dyke William Dobson sau lui Van Dyck. Reproducere obținută prin amabilitatea Lady-ei Moran și a dr. L. Chauvois. National Portrait Gallery, Londra. (Foto John Freeman)

28. LECȚIA DE ANATOMIE A PROFESORULUI TULP. Tablou executat de Rembrandt în 1632 la cererea corporației medicilor din Amsterdam. Mauritshuis, La Haye. (Foto Bruckmann-Giraudon)

29. LECȚIE DE DISECȚIE (1) ȘI DE MATERIE MEDICALĂ (2) LA JARDIN DU ROI. Gravuri de Sébastien Leclerc. 1. Disecția vulpii, extrasă din Cl. Perrault, *Mémoires pour*

servir a l'histoire naturelle des animaux, vol. I, Paris, 1671. (Foto B.N.). 2. Lecție de materie medicală la Jardin du Roi, extrasă din J. Dodart, *Mémoires pour servir a l'histoire naturelle des plantes*, Paris, 1676. (Foto B.N.)

30. INFIRMERIA SPITALULUI CHARITÉ DIN PARIS. Gravură de Abraham Bosse. Bibliotheque Nationale, Cabinet des Estampes. (Foto B.N.)

31. JARDIN DU ROI, PARIS, ÎN 1636; CULTURĂ DE PLANTE MEDICINALE. Desen și gravură, în aqua forte, de Frédéric Scalberge. Biblioteca Muzeului național de Istorie naturală din Paris. (Foto Franceschi-P.U.F.)

32. CIULIN *(ERYNGIUM ALPINUM)*. Planșă în laviu pe hîrtie velină, de Nicolas Robert (1610-1684). Colecția Muzeului național de Istorie naturală, Paris. (Foto Franceschi-P.U.F.)

33. LEONHARD EULER (1707-1783). Gravură de V. Sokolov (circa 1760) după un tablou de J.G. Brucker (1737). Acest portret este singurul care îl arată pe Euler cu ambii ochi (el și-a pierdut un ochi în 1738 și a orbit total în 1766). Document comunicat de Institutul de Istorie a științelor și tehnicii din Moscova. Cabinetul de stampe al Bibliotecii din Leningrad. (Foto Biblioteca din Leningrad)

34. ECLIPSA TOTALĂ DE SOARE DIN 22 MAI 1724, LA PARIS. Tablou anonim, școala franceză din secolul al XVIII-lea. Sala Consiliului, Observatorul din Paris. (Foto Observator)

35. MICROSCOPUL DUCELUI DE CHAULNES. Instrument construit spre mijlocul secolului al XVIII-lea de opticianul Magny. Se cunosc mai multe exemplare din acest tip, dintre care unul a aparținut marchizei de Pompadour. Muzeul Conservatorului național de Arte și Meserii, Paris. (Foto Franceschi-P.U.F.)

36. ÎNCERCARE DE ASCENSIUNE CU UN BALON CAPTIV (PARIS, 19 OCTOMBRIE 1783). Această încercare realizată în grădinile Manufacturii regale de tapete de la Réveillon, în foburgul Saint-Antoine, a reușit perfect; Pilâtre de Rozier, așezat în galeria montgolfierei, s-a ridicat la o înălțime de 200 de picioare. Desen de Derais. (Foto R. Viollet)

37. O EXPERIENȚĂ DE ELECTRICITATE ÎN SECOLUL AL XVIII-LEA. Tablou de Amédée van Loo. Muzeul Arhanghelskoe, Moscova. (Foto B.N.)

38. UN CURS DE ELECTRICITATE EXPERIMENTALĂ LA AMSTERDAM, ÎN 1801, În sala de fizică a societății „Felix Meritis". Se pot observa aparatele electrostatice imense, caracteristice sfîrșitului secolului al XVIII-lea. Gravură de R. Vinkeles după P. Barbiers și J. Kuyper. Colecția J. Laissus. (Foto Sahuc-E.S.L.)

39. LAVOISIER CU SOȚIA. Portret de David, executat în 1788. Colecția Fundației Rockefeller, New York. (Foto Bulloz)

40. LABORATORUL DE CHIMIE AL D-NEI DE GENLIS ȘI INSTRUMENTELE LUI LAVOISIER. Laboratoare din cea de a doua jumătate a secolului al XVIII-lea. 1. Machetă executată pentru d-na de Genlis, preceptoarea copiilor ducelui de Orléans, după o planșă din *Encyclopédie*. (Foto Franceschi-P.U.F.). 2. Reconstituire a laboratorului lui Lavoisier. Toate instrumentele expuse au aparținut efectiv marelui chimist. Muzeul Conservatorului național de Arte și Meserii, Paris, (Foto Franceschi-P.U.F.)

41. CARL LINNÉ (1707 — 1778) ȘI GEORGES-LOUIS LECLERC, CONTE DE BUFFON (1707-1788), doi mari naturaliști ai secolului al XVIII-lea. 1. Portret executat în 1737 de Martinus Hoffmann. Muzeul de Istorie a Științelor, Leyda, Olanda (Foto Muzeul din Leyda). 2. Portret de Fr.-H. Drouais. Colecție particulară. (Foto Bulloz)

42. DOUĂ PLANȘE ZOOLOGICE ALE LUI BUFFON ȘI RÉAUMUR, DIN SECOLUL AL XVIII-LEA. 1. Curcan, gravură de C.G. Guttenberg, după de Seve, extrasă din volumul II al lucrării lui Buffon *Histoire naturelle. Oiseaux* (Paris, 1771), Biblioteca Muzeului național de Istorie naturală. (Foto Franceschi-P.U.F.) 2. Păduchele de trandafir

(figurile 1-4) și păduchele de soc (figurile 5-15). Gravură de Simmonneau, extrasă din volumul III al lucrării lui Réaumur *Memoires pour servir a l'histoire naturelle des insectes* (Paris, 1737). Colecția J. Torlais, (Foto P.U.F.)

43. CABINETE DE ISTORIE NATURALĂ DE LA JARDIN DU ROI ÎN SECOLUL AL XVIII-LEA. 1. Scenă de disecție și de examinare microscopică. 2. Farmacia de la Jardin du Roi. Figuri ilustrînd volumele II și III ale *Istoriei naturale* a lui Buffon (Paris, 1749), gravate după desene de de Seve. Biblioteca Muzeului național de Istorie naturală, Paris. (Foto Photodécor)

44. VACCINUL — SUBIECT DE CARICATURI. 1. Binefacerile variolei. Caricatură satirizînd pe cei care realizau profituri de pe urma inoculărilor. 2. Vaccinul în luptă cu Facultatea. Vaccinul, simbolizat printr-o vacă, trebuie, pentru a se impune, să lupte împotriva tradiției rutiniere a Facultății (simbolizate printr-un măgar costumat). Școala franceză, începutul secolului al XIX-lea. Institutul național al Vaccinului. (Foto X. Stefanaggi)

45. JEZUIȚI PREDÎND ASTRONOMIA UNOR ASCULTĂTORI CHINEZI. Tapiserie de Beauvais, secolul al XVII-lea. Catedrala Saint-Julien du Mans. (Foto Archives photographiques d'art et d'histoire)

46. INSTRUMENTE ASTRONOMICE DE LA OBSERVATORUL DIN PEKIN, CONSTRUIT SUB ÎNDRUMAREA JEZUIȚILOR. *În primul plan, la dreapta:* teodolit (1715); *în centru:* sextant (1674); *în spate, la stînga:* sferă armilară ecliptică (1674). (Foto André Migot)

47. VEDERE PARȚIALĂ A OBSERVATORULUI LUI JAI-SINGH, DIN DELHI. (India), fondat în 1724. (Foto Rapho)

48. PEȘTE ZBURĂTOR *(EXOCOETUS VOLANS)*. Acuarelă executată în Virginia, între 1585 și 1587, de John White. British Musseum. (După Stefan Lorant, *The New World*, New York, 1946)

Tabla de materii

PREFAȚĂ (de R. TATON) 5

PARTEA ÎNTÎI

RENAȘTEREA

ȘTIINȚA RENAȘTERII (de J.ROGER) 13

Moștenirea medievală. De la raționalism la individualism. Singurătatea omului de știință. O știință a totalității.

Cartea întîi

ȘTIINȚELE EXACTE

CAPITOLUL I

MATEMATICA (de A. KOYRÉ; revăzut de R. TATON) 23

A. RENAȘTEREA STUDIILOR MATEMATICE 23

Nicolaus Cusanus și influența sa. Opera înnoitoare a lui Peurbach. Contribuția lui Regiomontanus. Primele manuale. Lucrarea *Triparty* a lui Chuquet. Opera lui Pacioli. Leonardo și matematica.

B. SECOLUL AL XVI-LEA: DE LA ALGEBRA RETORICĂ LA ALGEBRA SINCOPATĂ

Umanismul și predarea matematicii

1. *Școala germană și reforma notațiilor* 39

Opera geometrică și trigonometrică a lui Johann Werner. Dürer și matematica. *Margarita Philosophica.* Manualele de calcul și evoluția notațiilor. Cristopher Rudolff. Opera lui Stifel.

2. *Școala italiană și reînnoirea algebrei* 47

Manualele. Opera algebrică a școlii italiene. Conflictul legat de ecuațiile de gradul al treilea și protagoniștii lui. Primele descoperiri. Intervenția lui Cardano. *Ars Magna.* Ultimele publicații ale lui Tartaglia și ale lui Cardano. Bombelli și algebra lui. Maurolico. Benedetti — matematician. Traducerile lui Commandino. Opera pedagogică a lui Clavius.

3. *Aportul altor şcoli* 54
Producţia matematică franceză. Ramus şi matematica. Începuturile şcolii engleze. Opera lui Nuñez. Simon Stevin. Primele publicaţii.Fracţiile zecimale. Unificarea noţiunii de număr. Opera algebrică a lui Stevin. Ultimele cărţi ale lui Stevin.

CAPITOLUL II

REVOLUŢIA COPERNICANĂ (de A. KOYRÉ; revăzut de A. TATON) 63

A. ASTRONOMIA UMANIŞTILOR 63
Cosmologia lui Nicolausn. Cusnus. Peurbach şi Regiomontanus. Leonardo şi astronomia. Sistemul sferelor omocentrice al lui Fracastoro şi Amici. Disertaţia lui Calcagnini.

B. COPERNIC 68
Biografia. Elaborarea lucrării *De revolutionibus*. Prudenţa şi şovăielile lui Copernic. Prefaţa lui Osiander. Formarea noii teorii. Formarea gîndirii copernicane. Simplificarea mecanismelor planetare. Regularizarea mişcărilor planetare. Imobilitatea sferei cereşti. Rotaţia Pămîntului. Răspuns la obiecţiile tradiţionaliştilor. Importanţa mişcării circulare uniforme. Locul şi rolul Soarelui. Universul lui Copernic.

C. RĂSPÎNDIREA IDEILOR LUI COPERNIC 77
Germania, Ţările de Jos şi Italia. Anglia. Franţa. Încetineala răspîndirii copernicanismului. Principalele obstacole. Reforma calendarului. Universul infinit al lui Giordano Bruno.

D. TYCHO BRAHE 85
Opoziţia lui Tycho Brahe faţă de sistemul copernican. Importanţa istorică a sistemului lui Tycho Brahe. Primele observaţii ale lui Tycho. Reforma tabelelor. Nova din 1572 şi cometa din 1577. Influenţa lor asupra formării sistemului lui Tycho Brahe. Observatorul de la Uraniborg. Valoarea observaţiilor astronomice ale lui Tycho Brahe. Disgraţia şi exilul lui Tycho. Ultimele sale lucrări.

CAPITOLUL III

FIZICA (de A. KOYRÉ; revăzut de R. TATON) 93

FIZICA ÎN SECOLUL AL XV-LEA 93

1. *Nicolaus Cusanus* 94
Ideile lui asupra mişcării. Introducerea măsurii în fizică.

2. *Tradiţia Parisului şi a Oxfordului* 95
Mişcarea „uniform diformă" şi gîndirea medievală. Problema fizică a mişcării proiectilelor.

3. *Leonardo da Vinci* 97
De la tehnică la ştiinţă. Statica maşinilor simple. Dinamica lui Leonardo şi mişcarea curbilinie. Acceleraţia căderii corpurilor grele şi rezistenţa aerului.

Cioenirea: acţiune şi reacţiune.

B. FIZICA ÎN SECOLUL AL XVI-LEA 101

1. *Tartaglia* 101
„Ştiinţa nouă". Corecţii importante spre o balistică cu adevărat nouă.

2. *Variaţii în jurul noţiunii de „impetus"* 104
Cardano. Piccolomini. Scaliger. Bernardino Baldi. Enigma lui Domenico Sotto.

3. *În căutarea unei filozofii matematice a naturii: Benedetti* 107
Prima tentativă. Desăvîrşirea unei substituiri. Benedetti şi critica lui Aristotel.

4. *Un nou Arhimede: Simon Stevin* 110
Separarea staticii de dinamică. Statica lui Stevin: teoria pîrghiei. Planul înclinat: „Miracolul nu este miracol". Hidrostatica lui Stevin. Un semn al timpului.

Cartea a doua

ŞTIINŢELE NATURII

CAPITOLUL I

ŞTIINŢELE PĂMÎNTULUI (de P. DELAUNAY şi J. ROGER) 117

Structura Pămîntului. Relieful Pămîntului şi cauzele sale. Problema fosilelor. Fîntînile şi apele curgătoare. Mineralogia. Tehnica minieră şi agricolă. O ştiinţă nesigură.

CAPITOLUL II

CHIMIA (de M. DAUMAS) 129

A. PRACTICA ŞI TEORIA MOŞTENITE DIN EVUL MEDIU 129
Dobîndirea de cunoştinţe prin practică. Transmiterea cunoştinţelor. Intervenţia alchimiştilor. Aurarii şi orfevrii. Chimia aurarilor. Tehnica graficienilor. Pigmenţi minerali şi pigmenţi vegetali. Corpurile nobile ale chimiei: metalele. Chimia sărurilor. Descoperirea acizilor. Noţiunea de spirt. Tendinţe spre unitate doctrinală.

B. RENAŞTRREA CERCETĂRII CHIMICE 138
Înmulţirea şi răspîndirea lucrărilor de chimie. Factorii tehnici şi comerciali ai progreselor chimiei. Influenţa metalurgiei. Personalitatea şi învăţătura lui Paracelsus. Perfectibilitatea naturală a metalelor. Noţiunea de principiu, teorie ştiinţifică. Chintesanţa. Influenţa lui Paracelsus. Basilius Valentin. Învăţămintele practicii: Bernard Palissy.

CAPITOLUL III

STUDIUL CORPULUI OMENESC (de M.D. GRMEK) 146

A. ANATOMIA 146
Revoluția din anatomie. Disecția didactică și problema tradiției galenice. Un preludiu: Leonardo da Vinci. Tendința naturalistă în Italia. Școala anatomică de la Paris. Iconografia anatomică. Vesalius. Succesorii lui Vesalius.

B. FIZIOLOGIA 156
„Physiologia" lui Fernel. Vechea doctrină și noile tendințe.

CAPITOLUL IV

ARTA VINDECĂRII (de P. DELAUNAY și M.D. GRMEK) 159

A. EVOLUȚIA DOCTRINELOR ȘI RĂSPÎNDIREA DIDACTICĂ 159
Concepțiile metafizice asupra originii bolii. Moștenirea galeno-iudeo-arabă și contribuția umanismului. Rămășițele ocultismului.

B. SEMIOTICA ȘI NOSOLOGIA 163
Examenul clinic. Conturarea entităților nosologice.

C. IGIENA ȘI TERAPEUTICA 165
Igiena. Medicamentele. Arta chirurgiei.

D. INSTITUȚIILE, MEDIUL, MEDICII DE MESERIE 169
Medicul în ierarhia socială. Mediul și moravurile.

CAPITOLUL V

ZOOLOGIA (de P. DELAUNAY și J. THÉODORIDÈS) 172

A. INSPIRAȚIILE PRACTICE ALE ZOOLOGIEI 172
Empirismul organizat și progresele zoologiei.

B. NOILE ACHIZIȚII ȘI INVENTARUL LUMII VII 173
Descoperirea lumii și inventarierea ei. Vocabularul tehnic și sistematic. Modurile empirice de clasificare. Clasificarea ideală: scara ființelor și criteriile ei. Termenul final: diagnosticul și conceptul specific.

C. ZOOLOGIA ILUSTRATĂ 178
Procedeele și artiștii. Valoarea inegală a ilustrațiilor.

CAPITOLUL VI

BOTANICA (de A. DAVY DE VIRVILLE și J. F. LEROY) 181

Clasificarea și inventarul speciilor vegetale. Structura și funcțiile plantelor. Sexualitatea. Botanica medicală. Grădinile botanice și agronomia. Primii botaniști călători.

BIBLIOGRAFIE DE ANSAMBLU LA PARTEA ÎNTÎI (RENAȘTEREA) 192

PARTEA A DOUA

SECOLUL AL XVII-LEA.

REVOLUȚIA ȘTIINȚIFICĂ DIN SECOLUL AL XVII-lea (de R. LENOBLE și Y. BELAVAL) 203
Arahismele și spiritul nou. Miracolul deceniului al treilea al secolului al XVII-ea.

A. VIAȚA ȘTIINȚIFICĂ 204
Exemplul italian. Flandra și Țările de Jos. Anglia. Franța. Europa centrală. De la cabinetul de fizică la laborator.

B. „NATURA ESTE SCRISĂ ÎN LIMBAJ MATEMATIC" 209
Intuirea aprioricǎ a matematicii. Noul pitagorism.

C. TRANSFORMAREA NOȚIUNII DE ȘTIINȚĂ 212
Noțiunea de fenomen. Un savant de tip nou. Gîndirea mecanicistă. Răsturnarea valorilor. „Reforma creierilor".

D. DE LA COSMOS LA UNIVERS 214
Lumea — sistem de forțe. Univers schimbător; Univers „indefinit". Unificarea fizicii cerești cu fizica terestră.
Cădere sau atracție? Lumea are o istorie.

E. LUMEA DE DINCOLO DE PERCEPȚIE 217
Observația fină și scrupulul zecimalelor. Lumea microscopului.

F. MECANICISM ȘI DINAMISM 219
Geometrismul cartezian. „Popularea spațiului". Leibniz și întoarcerea la ideea de forță. Dinamismul newtonian. Malebranche și pozitivismul științific. De la Gilbert la Newton

Cartea întîi

ȘTIINȚELE MATEMATICE ȘI FIZICE

CAPITOLUL I

DE LA ALGEBRA SIMBOLICĂ LA CALCULUL INFINITEZIMAL (de J. ITARD)

A. DEZVOLTAREA ȘTIINȚELOR ALGEBRICE 225
Trigonometria. Algebra literală. Teoria ecuațiilor algebrice. Crearea geometriei analitice.

B. DIVERSE PROGRESE 223
Analiza diofantică. Fermat și teoria numerelor. Desargues și geometria proiectivă. Neper și logaritmii săi. Analiza combinatorie și probabilitățile.

C. CREAREA CALCULULUI INFINITEZIMAL 238
Fermat. Maximele și tangentele. Indivizibilele. Principalele rezultate noi.

Cvadratricele lui Roberval. Problema inversă a tangentelor. John Wallis. Seriile convergente. Huygens. Ruleta. Desfășuratele și desfășurătoarele. Newton. Leibniz.

CAPITOLUL II

NAȘTEREA UNEI ȘTIINȚE NOI — MECANICA (de R. DUGAS și P. COSTABEL)

A. GALILEI ȘI INFLUENȚA SA 262
Căderea corpurilor grele. Mișcarea proiectilelor. Oscilația pendulului. Rezistența materialelor și hidrostatica. Opera lui Torricelli. Marin Mersenne. Gassendi.

B. DESCARTES 269
Descartes și Beeckman. Mecanica carteziană. Sistemul lumii lui Descartes.

C. PASCAL ȘI STATICA FLUIDELOR 276
Greutatea aerului și oroarea de vid. Marea experiență. Barometrul și mașina pneumatică. Compresibilitatea aerului. Hidrostatica și metoda lui Pascal.

D. ȘCOALA CARTEZIANĂ 281
Rohault. Malebranche.

E. HUYGENS 284
Legile ciocnirii și critica lui Descartes. Forța centrifugă și greutatea. În căutarea unui principiu al conservării. Teoria pendulului. Relativitatea mișcării: între Galilei și Newton.

F. ȘCOALA ENGLEZĂ DE LA DESCARTES LA NEWTON 289

G. NEWTON 289
Conceptele newtoniene și legile mecanicii. Mecanica și sistemul lumii lui Newton. Filozofia științifică a lui Newton. Newton împotriva lui Descartes. Primirea făcută lui Newton, pe continent.

H. LEIBNIZ 295
Bilanțul secolului al XVII-lea 297

CAPITOLUL III

VÎRSTA DE AUR A ASTRONOMIEI DE OBSERVAȚIE (de G. WALUSINSKI) 298

A. REVOLUȚIA DE LA ÎNCEPUTUL SECOLULUI 298
Urmașii lui Tycho Brahe. Kepler. Galilei. Bogăția operei astronomice a lui Galilei. Sfîrșitul anticopernicanilor.

B. DEZVOLTAREA ASTRONOMIEI DE OBSERVAȚIE 308
Amatorii. Huygens. Luneta ca instrument de măsură. Marile observatoare.

C. OPERA ASTRONOMICĂ A LUI NEWTON 314
De la lunetă la observatoare 316

CAPITOLUL IV

NAȘTEREA OPTICII MATEMATICE (de M-A. TONNELAT) 318

A. METODELE EXPERIMENTALE ȘI REZULTATELE OBȚINUTE 318
Instrumentele optice la începutul secolului al XVII-lea. Progresul tehnicii instrumentelor: luneta astronomică, microscopul. Datele experimentale la sfîrșitul secolului al XVI-lea. Progresele realizate în tehnica experimentală și în interpretarea rezultatelor obținute.

B. TEORIILE DESPRE NATURA LUMINII 322
Moștenirea teoretică primită de secolul al XVII-lea: natura luminii și teoriile elementelor. Natura luminii și teoriile corpusculare. Concepțiile despre natura luminii la începutul secolului al XVII-lea. Teorii precarteziene. Optica lui Descartes. Teoria vibratorie a lui Malebranche. Culoare și „promptitudine". Fenomenele de difracție. Teoriile eterului vibrant. Optica newtoniană și dispersia luminii. Interferența și teorie acceselor. Difracție sau inflexiune. Dublă refracție. Teoria corpusculară și existența eterului.

C. TEORIILE CULORILOR 337
Teoriile culorilor la sfîrșitul secolului al XVI-lea. Opiniile precarteziene asupra naturii culorilor. Teoriile carteziene. Culori și vibrații. Opera lui Newton. Culorile „pure" și complexitatea luminii albe.

CAPITOLUL V

MAGNETISMUL ȘI ELECTRICITATEA (de R. LENOBLE și P.G. HAMAMDJIAN) 344

A. REALIZĂRILE SECOLULUI AL XVII-LEA ÎN DOMENIUL MAGNETISMULUI 346

1. *Enumerarea proprietăților magnetului* 347
Contribuția evului mediu. Contribuția Renașterii. Contribuția secolului al XVII-lea.

2. *Teorii ale magnetismului* 349
William Gilbert. Pierre de Maricourt și Gilbert. Cabeo și Kepler. Descartes, Boyle, Huygens.

3. *Eșecul încercărilor de a introduce măsurarea în magnetism în secolul al XVII-lea*

B. CONTRIBUȚIA SECOLULUI AL XVII-LEA ÎN DOMENIUL ELECTRICITĂȚII. 358

CAPITOLUL VI

CHIMIA PRINCIPIILOR (de M. DAUMAS) 361

A. ÎN CĂUTAREA PRINCIPIULUI UNIVERSAL 361
Van Helmont și experimentarea. Apa, principiu material. Alcahest. „Gas-"ul, spirit sălbatic. Chimia sărurilor. Salpetrul în teoriile chimice. Antagonismul acid-bază. Tratatele de chimie. Unificarea nomenclaturii. Definiția acizilor. Concepțiile lui Robert Boyle.

B. TEORIA FLOGISTICULUI 370
Constituţia corpusculară a materiei. Apariţia flogisticului. Formarea şi reducerea „varurilor" metalice. Triumful flogisticului. Cauzele acestuia. Universalitatea flogisticului.

Cartea a doua

ŞTIINŢELE NATURII

CAPITOLUL I

ZOOLOGIA (de E. GUYÉNOT şi J. THÉODORIDÈS) 375

A. CUNOŞTIINŢELE ZOOLOGICE 375
Enciclopedia lui Aldrovandi. *Teatrul insectelor* de Th. Moufet. *Historia naturalis* de J. Johnston. Lucrările lui Ray şi Willoughby.

B. ANATOMIA ANIMALĂ 382
Anatomia microscopică.

CAPITOLUL II

FIZIOLOGIA ANIMALĂ (de FR. DAGOGNET) 387

Dezbaterea asupra proprietăţilor vegetative: asimilarea şi digestia. O altă problemă legată de vegetativ: reproducerea şi organogeneza. Descoperirea celor trei circulaţii. Fiziologia senzorialo-motrică. Animalul-maşină. Deosebirea dintre viaţă şi gîndirea despre viaţă.

CAPITOLUL III

MEDICINA (de L. DULIEU) 397

A. ANATOMIA UMANĂ 397

B. MARILE SISTEME 399
Iatrochimia. Iatromecanica.

C. PATOLOGIA MEDICALA 402
Anatomia patologică. Neohipocratismul. Culegere de obsevaţii. Epidemiologia. Igiena şi medicina colectivă. Medicina exotică. Medicina legală.

D. CHIRURGIA 407
Chirurgie generală. Obstetrică.

E. FARMACOLOGIA ŞI TERAPEUTICA 409
Două tehnici noi.

F. VIAŢA MEDICALĂ 410

CAPITOLUL IV

BOTANICA (de A. DAVY DE VIRVILLE şi J. F. LEROY) 412
Fiziologia vegetală. Structura vegetalelor. Camerarius şi sexualitatea vege-

tală. Clasificarea. Flora. Flora ţărilor de peste mări. Agricultura şi horticultura. Botanica aplicată în medicină. Grădini botanice.

CAPITOLUL V

APARIŢIA GEOLOGIEI (de R. FURON) 427

Sinteza carteziană. Circulaţia apelor. Opera lui Sténon. Şcoala engleză: Hooke, Lhuyd, Woodward, Lister. Şcoala germană: de la Kircher la Leibniz. Mineralogii: Sténon, Huygens, Boéce de Boodt. Marile colecţii geologice.

BIBLIOGRAFIA PĂRŢII A DOUA (SECOLUL AL XVII-LEA)

PARTEA A TREIA

SECOLUL AL XVIII-LEA

SECOLUL CURIOZITĂŢII (de CH. MORAZÉ) 451

Limitele secolului. Originile gustului. Originile ştiinţei. Moravurile şi ştiinţa. Ştiinţă şi societate. Educaţia ştiinţifică. Caracterul modern al secolului.

Cartea întîi

ŞTIINŢELE TEORETICE

CAPITOLUL I

AVÎNTUL ANALIZEI ŞI REÎNNOIREA GEOMETRIEI (de R. TATON) 459

Şcoala britanică şi şcolile continentale. Poziţia socială şi activităţile matematicianului.

A. DEZVOLTAREA ANALIZEI INFINITEZIMALE 461

1. *Discipolii direcţi ai lui Leibniz şi Newton* 461

Începuturile noului calcul pe continent. Primele dificultăţi. Disputa pentru prioritate. Efortul analiştilor englezi.

2. *Extinderea şi aplicaţiile analizei* 465

Cei mai de seamă specialişti. Ecuaţiile diferenţiale. Ecuaţiile cu derivate parţiale. Crearea calculului variaţional. Noţiunea generală de funcţie. D'Alembert şi teoria limitelor. Lagrange şi teoria funcţiilor. Cîteva probleme noi.

B. PROGRESUL DISCIPLINELOR ALGEBRICE 472

1. *Teoria ecuaţiilor* 472

Teorema fundamentală a algebrei. Determinanţii. Ecuaţiile de grad mai mare decît patru. Diferite alte progrese. Rezolvarea numerică a ecuaţiilor.

2. *Numerele complexe şi aplicaţiile lor* 475

Natura numerelor complexe. Extinderea noţiunii de logaritm. Numerele complexe şi noua trigonometrie.

3. *Algoritmi infiniţi* 477

Studiul seriilor. Produsele infinite şi fracţiile continue.

4. *Teoria numerelor* 478

5. *Probabilităţi şi statistici* 479
Calculul probabilităţilor. Cîteva aplicaţii. Opera lui Laplace.

C. RENAŞTEREA STUDIILOR DE GEOMETRIE 482

1. *Geometria clasică* 482
Evoluţia manualelor. Examinarea critică a postulatului paralelelor. Perspectiva. Avîntul geometriei descriptive. Alte progrese.

2. *Geometria analitică* 486
Teoria curbelor plane. Începuturile geometriei analitice în spaţiu. Crearea geometriei analitice moderne.

3. *Aplicarea analizei la geometrie* 488
Primele cercetări. Monge şi reînnoirea geometriei infinitezimale.

CAPITOLUL II

ORGANIZAREA MECANICII CLASICE (de R. DUGAS şi P. COSTABEL) 491

A. RĂSPÎNDIREA NEWTONIANISMULUI 491
Reacţia partizanilor lui Newton. Afirmarea newtonianismului, pe continent.

B. MECANICA RAŢIONALĂ 493
Principiul lui D'Alembert. Principiul minimei acţiuni. Euler şi mecanica corpului solid. Boškovié şi acţiunea la distanţă.

C. MECANICA FLUIDELOR 496
Hidrostatica lui Clairaut şi forma Pămîntului. „Hidrodinamica" lui Daniel Bernoulli şi „Hidraulica" lui Jean Bernoulli. D'Alembert şi mişcarea fluidelor. D'Alembert şi rezistenţa fluidelor. Hidrodinamica lui Euler.

D. REZISTENŢA MATERIALELOR ŞI DATELE EXPERIMENTALE 499
Legile lui Coulomb asupra frecării. Borda şi rezistenţa fluidelor. Mecanica lui Lazare şi Carnot şi noţiunea de legătură.

E. MECANICA ANALITICĂ A LUI LAGRANGE 500

CAPITOLUL III

CUNOAŞTEREA SISTEMULUI SOLAR (de J. LEVY) 503

A. SUCCESUL ÎNTÎRZIAT AL LEGII GRAVITAŢIEI UNIVERSALE 504

B. INSTRUMENTELE ASTRONOMIEI DE POZIŢIE 505
Selectoarele. Observarea înălţimilor. Observarea trecerii la meridian. Instrumente meridiane. Obiective compuse.

C. DE LA DIRECŢIILE APARENTE ALE AŞTRILOR LA DIRECŢIILE MEDII 507
Descoperirea aberaţiei. Nutaţia. Refracţia astronomică.

D. MIŞCĂRILE ÎN INTERIORUL SISTEMULUI SOLAR 510
Cometele. Determinarea orbitelor. Tabelele Lunii. Acceleraţia seculară a Lunii. Problema celor *n* corpuri. Stabilitatea şi originea sistemului solar.

2. *De la afinităţi la teoria atomică* 596
Îndepărtarea de la cercetările asupra afinităţilor. Tăria acizilor. Descompunerea dublă şi proporţiile ponderale. Primele legi de proporţionalitate. Descoperirile de la sfîrşitul secolului al XVIII-lea. Spre teoria lui Dalton.

Cartea a treia

ŞTIINŢELE NATURII

CAPITOLUL I

MARILE PROBLEME ALE BIOLOGIEI (de J. ROSTAND) 601

A. CLASIFICAREA ŞI DESCRIEREA LUMII VII 601
Precursorii. Opera lui Linné. Buffon, adversarul lui Linné. Buffon şi descrierea lumii animale. Filozofia zoologică a lui Buffon. Opera lui Daubenton.

B. PROBLEMA FORMĂRII SPECIILOR 604
Epoca fixismului. Excepţiile. Apariţia unui transformism parţial. Transformismul limitat al lui Buffon. Transformismul integral al lui Maupertuis. Precursorii transformismului speculativ: Benoist de Maillet şi J.-B. Ch. Robinet. *Zoonomia* lui Erasmus Darwin.

C. PROBLEMA PROCREĂRII 610
Moştenirea secolului al XVII-lea. Discuţiile dintre preformişti şi epigenişti. Descoperirea partenogenezei. Preformismul lui Charles Bonnet. „Particulele seminale" ale lui Maupertuis. Buffon şi teoria „moleculelor organice". C.F. Wolff şi începutul embriologiei descriptive. Spallanzani şi studiul experimental al fecundaţiei.

D. REGENERAREA ANIMALĂ 616
Experienţele lui Trembley. Discuţiile asupra regenerării animale.

E. ORIGINEA MONŞTRILOR 618

F. GENERAŢIA SPONTANEE 618
Problema animalculilor. Susţinătorii generaţiei spontanee. Antispontaniştii. Experienţa lui Needham şi critica adusă ei de către Spallanzani.

CAPITOLUL II

FIZIOLOGIA ANIMALĂ (de G. CANGUILHEM) 622
Noi factori de cercetare.

A. RESPIRAŢIA 624
Primele lucrări. Descoperirile lui Lavoisier. Sediul căldurii animale. Lucrările lui Spallanzani.

B. DIGESTIA 627
Diferitele teorii. Experienţele lui Réaumur. Aportul lui Spallanzani.

C. CIRCULAȚIA 629
Primele evaluări. *Haemastatica* lui Stephen Hales. Continuatorii.

D. CONTRACȚIA MUSCULARĂ 632
Teoriile secolului al XVII-lea. Influența științei newtoniene. Teoriile lui Boerhaave și Hoffmann. Animismul lui Stahl și originea sa. Haller și doctrina iritabilității. Cercetările ulterioare asupra contracției musculare.

E. FUNCȚIILE NERVILOR ȘI ALE SISTEMULUI NERVOS 638
Diferitele explicații ale mișcării automate. Localizarea lui sensorium commune și formarea conceptului de mișcare reflexă. Robert Whytt. Concepția sa despre funcțiile măduvei spinării. Critica lui Unzer. Sinteza lui Prochaska. Apariția electrofiziologiei.

F. GLANDELE ȘI SECREȚIILE LOR 645

G. PRIVIRE DE ANSAMBLU ASUPRA FIZIOLOGIEI SECOLULUI AL XVIII-LEA 647

CAPITOLUL III

MEDICINA (de L. DULIEU) 649

A. APORTUL ANATOMIEI 649
Anatomia macroscopică. Anatomia microscopică. Anatomia patologică.

B. SISTEMELE MEDICALE 651
Sistemul lui Boerhaave. Sistemul lui Hoffmann. Iritabilitatea și doctrinele care decurg din ea. Animismul. Vitalismul. Homeopatia.

C. PROGRESELE MEDICINII PRACTICE 659
Medicina neohipocratică. Semiologia. Învățământul clinic. Patologia și epidemiologia. Inocularea și vaccinul. Începuturile electroterapiei. Mesmerismul. Patologia exotică. Neuropshiatria. Igiena. Medicina legală.

D. CHIRURGIA 665
Chirurgia generală. Specialitățile. Obstetrica.

E. FARMACOLOGIA 669

F. MIȘCAREA MEDICALĂ 670

CAPITOLUL IV

ZOOLOGIA (de A. TÉTRY) 672

A. MIJLOACE DE CERCETARE 672
Tehnica de observare. Colecții și săli de istorie naturală. Călătoriile naturaliștilor.

B. CONCEPȚII NOI ÎN ZOOLOGIE 674
Sistematica. Geografia zoologică.

C. INVENTARIEREA FAUNEI 677
Istoria naturală a lui Buffon. Protozoarele. Celenteratele. Viermii. Rotiferele. Briozoarele și brahiopodele. Moluștele. Insectele. Vertebratele. Omul.

CAPITOLUL V

BOTANICA (de A. DAVYI DE VIRVILLE şi J. F. LEROY) 681

A. SISTEMATICA 683
Linné şi nomenclatura lineeană. Bernard şi A.-L. de Jussieu, Adanson şi clasificarea naturală. Alte lucrări. Flora. Criptogamologia.

B. ANATOMIA ŞI FIZIOLOGIA PLANTELOR 689
Anatomia vegetală. Primele lucrări despre fecundaţie. Stephen Hales şi circulaţia sevei. Schimburile gazoase. Mişcările plantelor. Lucrările generale.

C. BOTANICA APLICATĂ 693
Agronomia. Botanica medicală. Grădini botanice.

D. FLORA EXOTICĂ 695
Explorările botanice. Marile expediţii.

CAPITOLUL VI

ŞTIINŢELE DESPRE PĂMÎNT (de R. FURON) 699

A. GEOLOGIA 699
Şcoala italină. Şcoala elveţiană. Şcoala germană. Werner, şi neptunismul. Şcoala britanică. James Hutton şi plutonismul. William Smith. Clasificarea speciilor. Şcoala franceză. Opera lui Buffon. Dolomieu. Giraud-Soulavie.

B. PREISTORIA 710
Etnografia comparată. Epoca uriaşilor.

C. MINERALOGIA 712
René-Just Haüy. Studiul mineralelor la microscop.

ŞTIINŢA PE TERITORIUL R.S. ROMÂNIA ÎN SECOLUL XV—XVIII (Notă. — *V.S.*)

BIBLIOGRAFIE DE ANSANBLU LA PARTEA A TREIA (SECOLUL AL XVIII-LEA) 723

PARTEA A PATRA

ŞTIINŢELE ÎN AFARA EUROPEI

CAPITOLUL I

ŞTIINŢELE ÎN EXTREMUL ORIENT, DIN SECOLUL AL XVI-LEA PÎNĂ ÎN SECOLUL AL XVIII-LEA (de J. CHESNEAUX şi J. NEEDHAM)..... 733

A. CHINA 733
Aportul iezuiţilor în China în secolele XVII şi XVIII. Limitele acestui aport. Răspîndirea contribuţiilor ştiinţifice ale iezuiţilor în China. Renaşterea ştiinţei tradiţionale. Factorii interni ai stagnării.

B. JAPONIA 740
Știința autohtonă. Primele contacte cu știința occidentală. *Rangaku* („știința olandeză") în Japonia, din secolul al XVII-lea pînă în secolul al XIX-lea. Comparație cu China.

BIBLIOGRAFIE 746

CAPITOLUL II

ȘTIINȚA INDIANĂ, DIN SECOLUL AL XV-LEA PÎNĂ ÎN SECOLUL AL XVII-LEA (de J. FILLIOZAT) 748

A. MATEMATICA ȘI ASTRONOMIA 749
Influențe străine. Interesul pentru astronomia indiană în secolul al XVIII-lea.

B. CHIMIA ȘI MEDICINA 750
Răspîndirea științei indiene.

CAPITOLUL III

ȘTIINȚELE ÎN AMERICA COLONIALĂ 753

A. CADRUL ISTORIC (de J. TATON, L. HALPERIN-DONGHI, C. CHAGAS, R. LAMONTAGNE și J.-B. COHEN) 753
America spaniolă. Brazilia portugheză. Colonizarea franceză în America. Colonizarea engleză.

B. AMERICA SPANIOLĂ (de J. TATON și L. HALPERIN-DONGHI) 758
Condițiile vieții intelectuale. Matematica. Metalurgia și chimia. Medicina. Botanica.

C. BRAZILIA PORTUGHEZĂ (de J. TATON și C. CHAGAS) 764

D. AMERICA FRANCEZĂ (de R. LAMONTAGNE) 766

E. AMERICA DE NORD BRITANICĂ (de J.-B. COHEN) 769
Primele descrieri ale faunei și florei. Opera botaniștilor americani din secolul al XVIII-lea. Medicina. Interesul acordat științei. Astronomia. Organizarea învățămîntului științific. Primele societăți științifice. Benjamin Franklin. Importanța operei sale științifice.

BIBLIOGRAFIE 779

INDICE DE NUME 799

INDICE DE NOȚIUNI 853

LEGENDELE PLANȘELOR 883

LICEUL „GHEORGHE LAZĂR" BIBLIOTECA BUCUREȘTI

REDACTOR : M. BORICEAN, L. HODOROGEA, D. IACOB, D. I. NECHITA
TEHNOREDACTOR : GHEORGHE POPOVICI

COLI DE TIPAR 56,50+48 PLANȘE.
INDICI PENTRU CLASIFICAREA ZECIMALĂ : PENTRU BIBLIOTECILE MARI : 001, PENTRU BIBLIOTECILE MICI : 001

COMBINATUL POLIGRAFIC „CASA SCINTEII"
REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA
COMANDA NR. 990